

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA  
UNIDADE REGIONAL DE PESQUISA FLORESTAL CENTRO-SUL – URPFC

DOCUMENTO, 12

**VII SEMINÁRIO SOBRE ATUALIDADES E PERSPECTIVAS FLORESTAIS:  
ASSOCIAÇÕES BIOLÓGICAS ENTRE ESPÉCIES FLORESTAIS E MICROORGANISMOS  
PARA O AUMENTO DA PRODUTIVIDADE ECONÔMICA DOS REFLORESTAMENTOS**

Curitiba, PR, 1 – 2 abril 1982

**ANAIS**

Curitiba, 1982

## COMITÉ DE PUBLICAÇÕES

|                       |   |            |
|-----------------------|---|------------|
| ANTONIO RIOYEI HIGA   | — | Presidente |
| ANTONIO A. CARPANEZZI | — | Membro     |
| CARMEN LUCIA CASSILHA | — | Membro     |
| JOSÉ NOGUEIRA JÚNIOR  | — | Membro     |
| SERGIO AHRENS         | — | Membro     |

Capa: Foto de Sergio Ahrens

UNIDADE REGIONAL DE PESQUISA FLORESTAL CENTRO-SUL  
CAIXA POSTAL, 3319  
80000 — CURITIBA — PR

Seminário sobre Atualidades e Perspectivas Florestais, 7.: Associações biológicas entre espécies florestais e microorganismos para aumento da produtividade econômica dos reflorestamentos, Curitiba, 1982.

Anais do 7. Seminário sobre atualidades e perspectivas florestais: associações biológicas entre espécies florestais e microorganismos para aumento da produtividade econômica dos reflorestamentos. Curitiba, EMBRAPA—URPFCS, 1982.

95 p. il. (EMBRAPA—URPFCS. Documentos, 12).

1. Floresta—Microorganismo. 2. Micorriza. I. Título. II. Série.



## APRESENTAÇÃO

No Brasil, os plantios florestais somam, aproximadamente, cinco milhões de hectares, e crescem à razão de 400 a 500 mil ha por ano. É sabido que importantes espécies plantadas, como **Pinus** spp., **Eucalyptus** spp., **Acacia mearnsii** e **Araucaria angustifolia**, apresentam associações simbióticas com microorganismos. É variável, entretanto, o grau de resposta das espécies florestais em relação à simbiose. Igualmente, variam as possibilidades de manejo das diversas modalidades de associações simbióticas, sendo as endomicorrizas a modalidade mais complexa, neste aspecto.

Quando factível, o manejo das associações simbióticas pode melhorar consideravelmente o desempenho silvicultural e econômico dos plantios; de modo particular, contribui para a utilização de terras marginais e para a redução do uso de fertilizantes. Entretanto, no setor florestal brasileiro, a única prática direcionada à exploração deste fator de crescimento é a inoculação em viveiros de **Pinus** spp. Mesmo assim, o método tradicional utilizado nesta inoculação — adição, à terra do viveiro, de terço e/ou acículas em decomposição, obtidas em plantios adultos de **Pinus** — não aproveita todo o potencial da associação simbiótica.

O desenvolvimento da tecnologia para manejo das associações simbióticas entre microorganismos e espécies florestais é uma tarefa a realizar. Como contribuição ao progresso deste tema, a URPFCS organizou este Seminário com os objetivos de traçar um diagnóstico da situação atual, difundir os conhecimentos já aplicáveis e definir prioridades de pesquisa.

ANTONIO A. CARPANEZZI

Coordenador do VII Seminário sobre Atualidades e  
Perspectivas Florestais

## SUMÁRIO

|  | Página |
|--|--------|
| 1. ESPÉCIES FLORESTAIS COM ASSOCIAÇÕES SIMBIÓTICAS, PROMISSORAS OU INDICADAS PARA PLANTIO NO SUL DO BRASIL ..... | 7      |
| 2. SIMBIOSE LEGUMINOSAS – <b>Rhizobium</b> E CICLO DE NITROGÊNIO .....   | 19     |
| 3. O PAPEL DAS LEGUMINOSAS NO REFLORESTAMENTO .....  | 33     |
| 4. ASSOCIAÇÕES SIMBIÓTICAS ENTRE MICROORGANISMOS E ESPÉCIES FLORESTAIS NO NORDESTE .....                         | 53     |
| 5. ASSOCIAÇÕES MICORRÍZICAS EM ÁRVORES FLORESTAIS .....  | 67     |
| 6. A IMPORTÂNCIA DE MICORRIZAS EM POVOAMENTOS DE <b>Pinus</b> spp.: O EXEMPLO DE UMA EMPRESA. ....               | 77     |
| 7. ASPECTOS DA PRODUÇÃO COMERCIAL DE INÓCULOS. ....  | 81     |
| 8. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES DO SEMINÁRIO .....   | 85     |

ESPÉCIES FLORESTAIS COM ASSOCIAÇÕES SIMBIÓTICAS, PROMISSORAS OU INDICADAS PARA PLANTIO NO SUL DO BRASIL

Paulo Ernani Ramalho Carvalho\*  
Antonio Aparecido Carpanezi\*

1. INTRODUÇÃO

Com o advento dos incentivos fiscais em 1967, até 1980 foram implantados cerca de 4,2 milhões de ha de florestas artificiais no Brasil (Tabela 1).

TABELA 1. Plantio programados no Brasil através de incentivos fiscais (ha).

| Ano   | Pinus     | Eucaliptos | Araucária | Nativas | Frutíferas | Palmito | Outros | Total     |
|-------|-----------|------------|-----------|---------|------------|---------|--------|-----------|
| 67    | 18.159    | 13.877     | 1.729     | 822     | 172        | —       | —      | 34.759    |
| 68    | 60.889    | 30.057     | 7.330     | 1.892   | 2.063      | —       | 669    | 102.910   |
| 69    | 96.798    | 53.800     | 7.670     | 2.717   | 1.278      | —       | 120    | 162.383   |
| 70    | 119.913   | 83.609     | 12.030    | 4.451   | 1.779      | 26      | 197    | 222.005   |
| 71    | 98.053    | 129.053    | 8.080     | 3.835   | 2.410      | 3.350   | 3.689  | 248.470   |
| 72    | 101.060   | 172.441    | 7.756     | 3.448   | 9.089      | 3.266   | 7.296  | 304.356   |
| 73    | 86.181    | 161.132    | 7.828     | 6.536   | 7.023      | 21.802  | 3.652  | 294.154   |
| 74    | 83.245    | 188.336    | 7.530     | 3.804   | 8.857      | 28.088  | 4.519  | 324.379   |
| 75    | 94.222    | 222.718    | 6.618     | 5.891   | 6.816      | 58.519  | 3.456  | 398.240   |
| 76    | 107.001   | 262.337    | 4.846     | 4.502   | 11.345     | 73.194  | 6.024  | 469.249   |
| 77    | 99.277    | 194.352    | 758       | 851     | 30.270     | 20.048  | 876    | 346.432   |
| 78    | 140.726   | 228.068    | 902       | 996     | 29.799     | 10.000  | 1.206  | 411.697   |
| 79    | 117.944   | 282.420    | 1.332     | 228     | 49.650     | 10.650  | 11.523 | 473.718   |
| 80    | 88.650    | 271.550    | 200       | —       | 50.275     | 5.800   | 19.100 | 435.575   |
| Total | 1.312.128 | 2.293.750  | 74.609    | 39.973  | 210.797    | 234.743 | 62.327 | 4.228.327 |
| %     | 31,03     | 54,25      | 1,76      | 0,95    | 4,99       | 5,55    | 1,47   | 100,00    |

Fonte: IBDF

Até 1980, a Região Sul do Brasil tinha cerca de 1.100 mil ha de plantios florestais. De uma maneira geral, tais áreas reflorestadas apresentam relevo suave e variam, quanto à fertilidade do solo, de regular a boa. Porém, em sua grande maioria estas áreas se prestariam mais à agricultura, o que tem forçado gradativamente o deslocamento dos plantios mais recentes para terras de qualidade inferior.

\* Engº Florestal, M.Sc., Pesquisador da Unidade Regional de Pesquisa Florestal Centro-Sul – URPFCs (PNPF/EMBRAPA/IBDF).

Segundo LUPATELLI (1977), 168.150.000 ha do território brasileiro são terras marginais com vocação nitidamente florestal. O Estado do Paraná tem 25% de seu território composto de terras marginais, que podem, em parte, ser utilizadas para programas de reflorestamento. Estas áreas normalmente apresentam baixa fertilidade. Para sua recuperação pela atividade florestal, tem-se que utilizar espécies de rápido crescimento e suficientemente rústicas e agressivas para recobrir o solo, melhorando-o através da deposição de material orgânico e nutrientes.

As associações simbióticas entre microorganismos e espécies florestais constituem um campo de enorme potencial para a ocupação de terras marginais e para aumentar a produtividade, a baixo custo, dos povoamentos comerciais. Um exemplo marcante é dado pela inoculação de culturas puras do fungo ectomicorrízico **Pisolithus tinctorius**, em viveiros de **Pinus** ("southern pines") nos Estados Unidos, elevando o crescimento em sítios usuais de plantio e permitindo a revegetalização de áreas de mineração, onde outras tentativas com **Pinus** haviam falhado (MOLINA 1977).

## 2. IMPORTÂNCIA DAS ASSOCIAÇÕES SIMBIÓTICAS

Há quatro tipos de associações simbióticas entre microorganismos e espécies florestais: a) ectomicorrizas (como em **Pinus** spp.); b) endomicorrizas (em muitas espécies tropicais e subtropicais, como **Bactris gasipaes** e **Araucaria angustifolia**; c) nódulos bacterianos fixadores de N, próprios das leguminosas (com menor incidência na subfamília Caesalpinioideae); e d) nódulos não-bacterianos fixadores de N, principalmente de fungos actinomicetos (como nos gêneros **Alnus** e **Casuarina**).

Certas espécies podem formar associações de mais de um tipo de microorganismos, como **Alnus** spp. (ectomicorrizas e nódulos fúngicos — MOLINA 1981), **Casuarina** spp. (endomicorrizas e nódulos fúngicos — BOWEN 1980), eucaliptos (endomicorrizas e ectomicorrizas) e **Leucaena leucocephala** (nódulos bacterianos e endomicorrizas),

Devido aos efeitos benéficos dos organismos simbiontes, como aumento da capacidade de absorção de água e nutrientes, proteção das raízes contra ataque de patógenos presentes no solo e aquisição, pelas plantas, de maior tolerância a condições adversas do solo (como seca, altas temperaturas, presença de substâncias tóxicas), a manipulação destas associações pode acarretar maior produtividade com menor aplicação de insumos modernos.

## 3. ESPÉCIES INTRODUZIDAS

As espécies florestais introduzidas cultivadas em escala comercial na Região Sul do Brasil são **Eucalyptus** spp., **Pinus** spp. e **Acácia mearnsii** de Wild. Todas apresentam associações simbióticas com microorganismos.



### 3.1. **Pinus** spp.

Para a maior parte da Região Sul, são indicadas para plantio em grande escala as espécies **Pinus taeda** e **P. elliottii** var. **elliottii**. As demais áreas do Brasil (exceto as super-úmidas e as semi-áridas) podem ser satisfeitas com **P. oocarpa** e/ou variedades de **P. caribaea**.

Entre os fatores básicos que determinam a produtividade das espécies de **Pinus**, não podem ser esquecidos os fungos formadores de ectomicorrizas, cujo efeito benéfico no crescimento de árvores florestais, muitas vezes essencial, já é bastante conhecido (MARKS & KOZLOWSKI 1973). Nas condições brasileiras, a manipulação destes fungos assume significância especial, uma vez que eles não são nativos nos solos brasileiros.

Segundo DEICHMANN (1967), a maioria das espécies de **Pinus** que crescem no Brasil somente podem ser cultivadas com sucesso se a micorriza estiver presente no solo. Como o tipo certo de micorriza geralmente não está presente, o solo do viveiro deverá ser inoculado. No Brasil, a inoculação usual consiste em incluir, no substrato de crescimento das mudas, solo da camada superficial de povoamentos de **Pinus** já desenvolvidos e/ou material orgânico em decomposição encontrado no chão destes povoamentos. Detalhes e perspectivas desta e outras práticas de inoculação são apresentados por KRÜGNER & TOMAZELLO FILHO (1979).

Recentemente, novas técnicas para utilização de fungos micorrízicos em programas de reflorestamento de **Pinus** têm sido desenvolvidas através da incorporação de inóculo de fungos selecionados em solo fumigado, nos viveiros de mudas. Dentre os fungos empregados, destacam-se **Pisolithus tinctorius** e **Thelephora terrestris**, pela sua adaptação a condições ambientais adversas, facilidade de cultivo e disseminação eficiente. Observações nos viveiros e plantações de **Pinus** spp. indicam que **T. terrestris** já ocorre no Brasil, enquanto que **P. tinctorius** se associa com espécies de **Eucalyptus**, não tendo sido verificado com espécies de **Pinus** (TOMAZELLO FILHO & KRÜGNER 1980).

### 3.2. **Eucalyptus** spp.

Muitas espécies de eucaliptos formam associações simbióticas com fungos endo ou ectomicorrízicos. Para as espécies plantadas no Brasil, porém, não há exigência absoluta de sua inoculação em viveiros, como é o caso de **Pinus** spp.

A simbiose de eucaliptos com fungos ectomicorrízicos é fato reconhecido, embora sua influência no comportamento silvicultural ainda não esteja bem esclarecida. Sem dúvida, as espécies de **Eucalyptus** variam entre si quanto ao grau de dependência da associação. Mais informações sobre a simbiose podem ser obtidas em YOKOMIZO (1981).

Também endomicorrizas podem ser encontradas em eucaliptos. A simbiose afeta benéficamente o comportamento das plantas, como exemplificado na revisão de MOSSE (1973) e por ZAMBOLIM et al. (1982). Entretanto, a manipulação artificial da simbiose não é rotina; isto é devido, entre outros motivos, à baixa especificidade na relação árvore-fungo, ao fato de os fungos encontrarem-se largamente dispersos na natureza e à impossibilidade de desenvolver culturas puras, "in vitro", dos fungos, que são obrigatoriamente simbiontes.

### 3.3. **Acácia-negra** (*Acacia mearnsii* de Wild)

A acácia-negra é plantada comercialmente no Rio Grande do Sul, para a produção de cascas taníferas (fim principal) e lenha. Apresenta nodulação por **Rhizobium**. Em viveiros usualmente não se executa inoculação artificial, confiando-se na nodulação espontânea.

### 3.4. **Outras espécies introduzidas**

As famílias Casuarinaceae e Betulaceae apresentam também nódulos fixadores de N em suas raízes. Para o sucesso de **Casuarina equisetifolia**, espécie às vezes usada para fixação de dunas no Brasil, pode ser necessário inocular os solos novos com solos de plantios adultos (FLINTA 1960). A casuarina tem também endomicorrizas, o que provavelmente contribui bastante para uma fixação eficaz de N, já que elas aumentam a absorção de diversos nutrientes essenciais ao processo (BOWEN 1980).

Em plantas de **Alnus glutinosa**, testada pela URPFCS, a nodulação é abundante. Para esta espécie, resultados preliminares de comparação de espécies em solos com drenagem lenta não mostram diferença significativa em altura entre parcelas adubadas e não adubadas. Afora as leguminosas testadas e em **Alnus**, nas outras espécies a clorose é marcante nas parcelas sem adubo. Como as leguminosas, **A. glutinosa** está sendo beneficiada por sua "fábrica" de nitrogênio.

Nas pesquisas desenvolvidas pela URPFCS, a leguminosa **Acacia longifolia** var. **trinervis** apresentou nódulos bacterianos no viveiro e tem mostrado bons resultados em áreas de baixa fertilidade, principalmente nas parcelas não adubadas. Esta espécie australiana é muito usada em Santa Catarina e no Rio Grande do Sul, para fixação de dunas.

## 4. ESPÉCIES NATIVAS

### 4.1. **Pinheiro-do-paraná** (*Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kze.)

Sousa, citado por MILANEZ & MONTEIRO NETO (1950), já havia verificado, em 1897, a presença de endomicorrizas no pinheiro-do-paraná. O sistema radicular da araucária apresenta radículas curtas e mais ou menos arredondadas, desprovidas, como as demais, de pelos absorventes. Os autores observaram as células corticais inteiramente cheias de fungos, cujas hifas se advinham pelos seus núcleos minúsculos. Foi observada a limitação do endófito, o qual nunca penetra no cilindro central. Isto se deve à endoderme, que desde o início é constituída de células repletas de tanóides. Os autores insistem sobre a provável importância do endófito para os aspectos ecológicos e silviculturais do pinheiro.

No momento não há aplicação prática, no cultivo de **Araucaria angustifolia**, da simbiose

com fungos endomicorrízicos.

Também outras espécies de **Araucaria** apresentam endomicorrizas, cujo efeito benéfico é mostrado na Tabela 2.

**TABELA 2.** Efeito da micorriza V—A em plantas de **Araucaria cunninghamii** aos 26 meses, cultivadas em substrato muito fértil.

| Característica     | Plantas inoculadas | Plantas não inoculadas |
|--------------------|--------------------|------------------------|
| Peso seco (g)      | 76,1               | 7,2                    |
| % N na parte aérea | 1,25               | 1,88                   |
| idem, raiz         | 0,96               | 0,94                   |
| % P na parte aérea | 0,079              | 0,042                  |
| idem, raiz         | 0,109              | 0,053                  |

Fonte: Bevege (1971), citado por BOWEN (1980)

4.2. **Palmito (Euterpe edulis Mart.)**

Não há informações de associações simbióticas entre plantas de palmito e microorganismos, embora seja provável a presença de endomicorrizas, como constatado em outras palmáceas (JANOS 1976). De qualquer modo, a prática atual mais freqüente de plantios da espécie — enriquecimento em povoamentos onde já ocorre naturalmente, com remoção irrisória da vegetação circunjacente — não afetaria negativamente a atividade da micorriza.

4.3. **Leguminosas**

A maioria, mas não todas as leguminosas, fixam nitrogênio. Embora somente um décimo das espécies tenham sido checadas, os resultados sugerem que a nodulação é quase total em Mimosoideae e Papilionoideae, mas que somente cerca de 30% das espécies de Caesalpinioideae produzem nódulos (NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES 1979).

Nos processos de revegetalização, é conveniente que a vegetação que irá recobrir o solo degradado possa melhorar prontamente as características químicas e físicas do solo. Por isso, os técnicos responsáveis pela reposição de cobertura vegetal em solos de baixa fertilidade utilizam, quando possível, espécies arbóreas ou arbustivas pertencentes à família das leguminosas,



as quais apresentam a peculiaridade de fixar, através da simbiose com bactérias do gênero **Rhizobium**, o nitrogênio livre do ar. A simbiose ocorre nos nódulos situados nas raízes mais superficiais das plantas. Quando a bactéria da simbiose não existe previamente no solo a ser plantado, deve ser introduzida através de inóculos específicos adicionados às sementes (POGGIANI et al. 1981).

Um exemplo brasileiro da eficácia de leguminosas em solos degradados é dado por POGGIANI et al. (1981): a bracatinga (**Mimosa scabrella**) de 3 para 4 anos propiciou deposição anual de cerca de 90 kg de nitrogênio/ha, em um talhão não adubado, em terras de cobertura de xisto retornado, em São Mateus do Sul, PR. Tal contribuição de nitrogênio das leguminosas é importante para manter a produtividade dos solos por longos períodos e para tornar viável o plantio posterior de outras espécies florestais ou agrícolas.

Segundo NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES (1979), uma cultura de leguminosas pode adicionar anualmente 500 kg de nitrogênio ao solo por ha/ano. ZAVITKOVSKI & NEWTON (1971) sugerem que a capacidade de fixar nitrogênio é uma causa importante da alta capacidade de produção de material orgânico decíduo. Em povoamentos de **Alnus rubra** (espécie pioneira de sucessões secundárias) no noroeste dos Estados Unidos, os autores determinaram uma deposição anual de cerca de 6 ton/ha — a mais elevada até então reportada para zonas temperadas. Juntamente com o nitrogênio, quantidades apreciáveis de outros nutrientes importantes são absorvidas e depositadas no piso, contribuindo para a melhoria da fertilidade do solo.

A URPFCS mantém, em quatro Estados brasileiros, uma rede experimental composta de ensaio de comparação de espécies em dez locais. Dentre quase 60 espécies testadas, cinco leguminosas estão apresentando bons desempenhos no campo. Sobre estas espécies serão apresentados dados de crescimento e outras informações.

4.3.1. **Angico-vermelho** (*Parapiptadenia rigida* (Benth) Brenan)

Espécie da subfamília Mimosoideae, é também conhecida por monjoleiro e gurucaia. Ocorre no Ceará, Minas Gerais, Mato Grosso até o Rio Grande do Sul, e na Bolívia, Argentina e Paraguai. Vegeta na mata pluvial costeira do Brasil e nas regiões subtropicais do leste e do sul, sendo particularmente abundante nas bacias dos rios Paraná e Uruguai, onde se constitui em uma das espécies mais agressivas.

É espécie fortemente heliófila e pouco sensível aos fatores físicos dos solos, sendo encontradas tanto em solos úmidos como secos. Apresenta madeira muito pesada (0,90 g/cm<sup>3</sup>) e bastante durável, mesmo quando exposta, indicada para construção civil e naval. A casca é rica em tanino e por isso aproveitada em curtumes.

No viveiro da URPFCS, em Colombo - PR, fora de sua área de ocorrência natural, não sofreu inoculação, mas apresentou nodulação nas mudas.

O crescimento do angico-vermelho é de moderado a rápido (Tabela 3), porém as plantas apresentam, nos primeiros anos, acamamento do fuste.



EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA  
UNIDADE REGIONAL DE PESQUISA FLORESTAL CENTRO-SUL – URPFCs  
DOCUMENTO, 12



**VII SEMINÁRIO SOBRE ATUALIDADES E PERSPECTIVAS FLORESTAIS:**  
**ASSOCIAÇÕES BIOLÓGICAS ENTRE ESPÉCIES FLORESTAIS E MICROORGANISMOS**  
**PARA O AUMENTO DA PRODUTIVIDADE ECONÔMICA DOS REFLORESTAMENTOS**

Curitiba, PR, 1 – 2 abril 1982

**ANAIS**

Curitiba, 1982

## COMITÊ DE PUBLICAÇÕES

|                       |   |            |
|-----------------------|---|------------|
| ANTONIO RIOYEI HIGA   | — | Presidente |
| ANTONIO A. CARPANEZZI | — | Membro     |
| CARMEN LUCIA CASSILHA | — | Membro     |
| JOSÉ NOGUEIRA JÚNIOR  | — | Membro     |
| SERGIO AHRENS         | — | Membro     |

Capa: Foto de Sergio Ahrens

UNIDADE REGIONAL DE PESQUISA FLORESTAL CENTRO-SUL  
CAIXA POSTAL, 3319  
80000 — CURITIBA — PR

|                      |        |
|----------------------|--------|
| EMBRAPA — CNPF       |        |
| Valor Aquisição Cr\$ | _____  |
| Data Aquisição       | _____  |
| N.º N.º F.º Fatura   | _____  |
| Fornecedor           | _____  |
| N.º Ordem Compra     | _____  |
| Origem               | _____  |
| N.º de Tombo         | 138/94 |

Seminário sobre Atualidades e Perspectivas Florestais, 7.: Associações biológicas entre espécies florestais e microorganismos para aumento da produtividade econômica dos reflorestamentos, Curitiba, 1982.

Anais do 7. Seminário sobre atualidades e perspectivas florestais: associações biológicas entre espécies florestais e microorganismos para aumento da produtividade econômica dos reflorestamentos. Curitiba, EMBRAPA—URPFCS, 1982.

95 p. il. (EMBRAPA—URPFCS. Documentos, 12).

1. Floresta—Microorganismo. 2. Micorriza. I. Título. II. Série.

## APRESENTAÇÃO

No Brasil, os plantios florestais somam, aproximadamente, cinco milhões de hectares, e crescem à razão de 400 a 500 mil ha por ano. É sabido que importantes espécies plantadas, como **Pinus** spp., **Eucalyptus** spp., **Acacia mearnsii** e **Araucaria angustifolia**, apresentam associações simbióticas com microorganismos. É variável, entretanto, o grau de resposta das espécies florestais em relação à simbiose. Igualmente, variam as possibilidades de manejo das diversas modalidades de associações simbióticas, sendo as endomicorrizas a modalidade mais complexa, neste aspecto.

Quando factível, o manejo das associações simbióticas pode melhorar consideravelmente o desempenho silvicultural e econômico dos plantios; de modo particular, contribui para a utilização de terras marginais e para a redução do uso de fertilizantes. Entretanto, no setor florestal brasileiro, a única prática direcionada à exploração deste fator de crescimento é a inoculação em viveiros de **Pinus** spp. Mesmo assim, o método tradicional utilizado nesta inoculação — adição, à terra do viveiro, de terço e/ou acículas em decomposição, obtidas em plantios adultos de **Pinus** — não aproveita todo o potencial da associação simbiótica.

O desenvolvimento da tecnologia para manejo das associações simbióticas entre microorganismos e espécies florestais é uma tarefa a realizar. Como contribuição ao progresso deste tema, a URPFCS organizou este Seminário com os objetivos de traçar um diagnóstico da situação atual, difundir os conhecimentos já aplicáveis e definir prioridades de pesquisa.

ANTONIO A. CARPANEZZI

Coordenador do VII Seminário sobre Atualidades e  
Perspectivas Florestais

## SUMÁRIO

Página

|      |   |    |
|------|---|----|
| ✓ 1. | ESPÉCIES FLORESTAIS COM ASSOCIAÇÕES SIMBIÓTICAS, PROMISSORAS OU INDICADAS PARA PLANTIO NO SUL DO BRASIL ..... | 7  |
| ✓ 2. | SIMBIOSE LEGUMINOSAS – <b>Rhizobium</b> E CICLO DE NITROGÊNIO .....   | 19 |
| ✓ 3. | O PAPEL DAS LEGUMINOSAS NO REFLORESTAMENTO .....  | 33 |
| ✓ 4. | ASSOCIAÇÕES SIMBIÓTICAS ENTRE MICROORGANISMOS E ESPÉCIES FLORESTAIS NO NORDESTE .....                         | 53 |
| ✓ 5. | ASSOCIAÇÕES MICORRÍZICAS EM ÁRVORES FLORESTAIS .....  | 67 |
| ✓ 6. | A IMPORTÂNCIA DE MICORRIZAS EM POVOAMENTOS DE <b>Pinus</b> spp.: O EXEMPLO DE UMA EMPRESA.....                | 77 |
| ✓ 7. | ASPECTOS DA PRODUÇÃO COMERCIAL DE INÓCULOS.....   | 81 |
| 8.   | CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES DO SEMINÁRIO .....   | 85 |

# ESPÉCIES FLORESTAIS COM ASSOCIAÇÕES SIMBIÓTICAS, PROMISSORAS OU INDICADAS PARA PLANTIO NO SUL DO BRASIL

Paulo Ernani Ramalho Carvalho\*

Antonio Aparecido Carpanezi\*

## 1. INTRODUÇÃO

Com o advento dos incentivos fiscais em 1967, até 1980 foram implantados cerca de 4,2 milhões de ha de florestas artificiais no Brasil (Tabela 1).

**TABELA 1.** Plantio programados no Brasil através de incentivos fiscais (ha).

| Ano   | Pinus     | Eucaliptos | Araucária | Nativas | Frutíferas | Palmito | Outros | Total     |
|-------|-----------|------------|-----------|---------|------------|---------|--------|-----------|
| 67    | 18.159    | 13.877     | 1.729     | 822     | 172        | —       | —      | 34.759    |
| 68    | 60.889    | 30.057     | 7.330     | 1.892   | 2.063      | —       | 669    | 102.910   |
| 69    | 96.798    | 53.800     | 7.670     | 2.717   | 1.278      | —       | 120    | 162.383   |
| 70    | 119.913   | 83.609     | 12.030    | 4.451   | 1.779      | 26      | 197    | 222.005   |
| 71    | 98.053    | 129.053    | 8.080     | 3.835   | 2.410      | 3.350   | 3.689  | 248.470   |
| 72    | 101.060   | 172.441    | 7.756     | 3.448   | 9.089      | 3.266   | 7.296  | 304.356   |
| 73    | 86.181    | 161.132    | 7.828     | 6.536   | 7.023      | 21.802  | 3.652  | 294.154   |
| 74    | 83.245    | 188.336    | 7.530     | 3.804   | 8.857      | 28.088  | 4.519  | 324.379   |
| 75    | 94.222    | 222.718    | 6.618     | 5.891   | 6.816      | 58.519  | 3.456  | 398.240   |
| 76    | 107.001   | 262.337    | 4.846     | 4.502   | 11.345     | 73.194  | 6.024  | 469.249   |
| 77    | 99.277    | 194.352    | 758       | 851     | 30.270     | 20.048  | 876    | 346.432   |
| 78    | 140.726   | 228.068    | 902       | 996     | 29.799     | 10.000  | 1.206  | 411.697   |
| 79    | 117.944   | 282.420    | 1.332     | 228     | 49.650     | 10.650  | 11.523 | 473.718   |
| 80    | 88.650    | 271.550    | 200       | —       | 50.275     | 5.800   | 19.100 | 435.575   |
| Total | 1.312.128 | 2.293.750  | 74.609    | 39.973  | 210.797    | 234.743 | 62.327 | 4.228.327 |
| %     | 31,03     | 54,25      | 1,76      | 0,95    | 4,99       | 5,55    | 1,47   | 100,00    |

Fonte: IBDF

Até 1980, a Região Sul do Brasil tinha cerca de 1.100 mil ha de plantios florestais. De uma maneira geral, tais áreas reflorestadas apresentam relevo suave e variam, quanto à fertilidade do solo, de regular a boa. Porém, em sua grande maioria estas áreas se prestariam mais à agricultura, o que tem forçado gradativamente o deslocamento dos plantios mais recentes para terras de qualidade inferior.

\* Engº Florestal, M.Sc., Pesquisador da Unidade Regional de Pesquisa Florestal Centro-Sul — URPFCS (PNPF/EMBRAPA/IBDF).



Segundo LUPATELLI (1977), 168.150.000 ha do território brasileiro são terras marginais com vocação nitidamente florestal. O Estado do Paraná tem 25% de seu território composto de terras marginais, que podem, em parte, ser utilizadas para programas de reflorestamento. Estas áreas normalmente apresentam baixa fertilidade. Para sua recuperação pela atividade florestal, tem-se que utilizar espécies de rápido crescimento e suficientemente rústicas e agressivas para recobrir o solo, melhorando-o através da deposição de material orgânico e nutrientes.

As associações simbióticas entre microorganismos e espécies florestais constituem um campo de enorme potencial para a ocupação de terras marginais e para aumentar a produtividade, a baixo custo, dos povoamentos comerciais. Um exemplo marcante é dado pela inoculação de culturas puras do fungo ectomicorrízico **Pisolithus tinctorius**, em viveiros de **Pinus** ("southern pines") nos Estados Unidos, elevando o crescimento em sítios usuais de plantio e permitindo a revegetalização de áreas de mineração, onde outras tentativas com **Pinus** haviam falhado (MOLINA 1977).

## 2. IMPORTÂNCIA DAS ASSOCIAÇÕES SIMBIÓTICAS

Há quatro tipos de associações simbióticas entre microorganismos e espécies florestais: a) ectomicorrizas (como em **Pinus** spp.); b) endomicorrizas (em muitas espécies tropicais e subtropicais, como **Bactris gasipaes** e **Araucaria angustifolia**; c) nódulos bacterianos fixadores de N, próprios das leguminosas (com menor incidência na subfamília Caesalpinioideae); e d) nódulos não-bacterianos fixadores de N, principalmente de fungos actinomicetos (como nos gêneros **Alnus** e **Casuarina**).

Certas espécies podem formar associações de mais de um tipo de microorganismos, como **Alnus** spp. (ectomicorrizas e nódulos fúngicos — MOLINA 1981), **Casuarina** spp. (endomicorrizas e nódulos fúngicos — BOWEN 1980), eucaliptos (endomicorrizas e ectomicorrizas) e **Leucaena leucocephala** (nódulos bacterianos e endomicorrizas),

Devido aos efeitos benéficos dos organismos simbiontes, como aumento da capacidade de absorção de água e nutrientes, proteção das raízes contra ataque de patógenos presentes no solo e aquisição, pelas plantas, de maior tolerância a condições adversas do solo (como seca, altas temperaturas, presença de substâncias tóxicas), a manipulação destas associações pode acarretar maior produtividade com menor aplicação de insumos modernos.

## 3. ESPÉCIES INTRODUZIDAS

As espécies florestais introduzidas cultivadas em escala comercial na Região Sul do Brasil são **Eucalyptus** spp., **Pinus** spp. e **Acácia mearnsii** de Wild. Todas apresentam associações simbióticas com microorganismos.

### 3.1. **Pinus** spp.

Para a maior parte da Região Sul, são indicadas para plantio em grande escala as espécies **Pinus taeda** e **P. elliottii** var. **elliottii**. As demais áreas do Brasil (exceto as super-úmidas e as semi-áridas) podem ser satisfeitas com **P. oocarpa** e/ou variedades de **P. caribaea**.

Entre os fatores básicos que determinam a produtividade das espécies de **Pinus**, não podem ser esquecidos os fungos formadores de ectomicorrizas, cujo efeito benéfico no crescimento de árvores florestais, muitas vezes essencial, já é bastante conhecido (MARKS & KOZLOWSKI 1973). Nas condições brasileiras, a manipulação destes fungos assume significância especial, uma vez que eles não são nativos nos solos brasileiros.

Segundo DEICHMANN (1967), a maioria das espécies de **Pinus** que crescem no Brasil somente podem ser cultivadas com sucesso se a micorriza estiver presente no solo. Como o tipo certo de micorriza geralmente não está presente, o solo do viveiro deverá ser inoculado. No Brasil, a inoculação usual consiste em incluir, no substrato de crescimento das mudas, solo da camada superficial de povoamentos de **Pinus** já desenvolvidos e/ou material orgânico em decomposição encontrado no chão destes povoamentos. Detalhes e perspectivas desta e outras práticas de inoculação são apresentados por KRÜGNER & TOMAZELLO FILHO (1979).

Recentemente, novas técnicas para utilização de fungos micorrízicos em programas de reflorestamento de **Pinus** têm sido desenvolvidas através da incorporação de inóculo de fungos selecionados em solo fumigado, nos viveiros de mudas. Dentre os fungos empregados, destacam-se **Pisolithus tinctorius** e **Thelephora terrestris**, pela sua adaptação a condições ambientais adversas, facilidade de cultivo e disseminação eficiente. Observações nos viveiros e plantações de **Pinus** spp. indicam que **T. terrestris** já ocorre no Brasil, enquanto que **P. tinctorius** se associa com espécies de **Eucalyptus**, não tendo sido verificado com espécies de **Pinus** (TOMAZELLO FILHO & KRÜGNER 1980).

### 3.2. **Eucalyptus** spp.

Muitas espécies de eucaliptos formam associações simbióticas com fungos endo ou ectomicorrízicos. Para as espécies plantadas no Brasil, porém, não há exigência absoluta de sua inoculação em viveiros, como é o caso de **Pinus** spp.

A simbiose de eucaliptos com fungos ectomicorrízicos é fato reconhecido, embora sua influência no comportamento silvicultural ainda não esteja bem esclarecida. Sem dúvida, as espécies de **Eucalyptus** variam entre si quanto ao grau de dependência da associação. Mais informações sobre a simbiose podem ser obtidas em YOKOMIZO (1981).

Também endomicorrizas podem ser encontradas em eucaliptos. A simbiose afeta benéficamente o comportamento das plantas, como exemplificado na revisão de MOSSE (1973) e por ZAMBOLIM et al. (1982). Entretanto, a manipulação artificial da simbiose não é rotina; isto é devido, entre outros motivos, à baixa especificidade na relação árvore-fungo, ao fato de os fungos encontrarem-se largamente dispersos na natureza e à impossibilidade de desenvolver culturas puras, "in vitro", dos fungos, que são obrigatoriamente simbiontes.



### 3.3. **Acácia-negra (*Acacia mearnsii* de Wild)**

A acácia-negra é plantada comercialmente no Rio Grande do Sul, para a produção de cascas taníferas (fim principal) e lenha. Apresenta nodulação por **Rhizobium**. Em viveiros usualmente não se executa inoculação artificial, confiando-se na nodulação espontânea.

### 3.4. **Outras espécies introduzidas**

As famílias Casuarinaceae e Betulaceae apresentam também nódulos fixadores de N em suas raízes. Para o sucesso de **Casuarina equisetifolia**, espécie às vezes usada para fixação de dunas no Brasil, pode ser necessário inocular os solos novos com solos de plantios adultos (FLINTA 1960). A casuarina tem também endomicorrizas, o que provavelmente contribui bastante para uma fixação eficaz de N, já que elas aumentam a absorção de diversos nutrientes essenciais ao processo (BOWEN 1980).

Em plantas de **Alnus glutinosa**, testada pela URPFCS, a nodulação é abundante. Para esta espécie, resultados preliminares de comparação de espécies em solos com drenagem lenta não mostram diferença significativa em altura entre parcelas adubadas e não adubadas. Afora as leguminosas testadas e em **Alnus**, nas outras espécies a clorose é marcante nas parcelas sem adubo. Como as leguminosas, **A. glutinosa** está sendo beneficiada por sua "fábrica" de nitrogênio.

Nas pesquisas desenvolvidas pela URPFCS, a leguminosa **Acacia longifolia** var. **trinervis** apresentou nódulos bacterianos no viveiro e tem mostrado bons resultados em áreas de baixa fertilidade, principalmente nas parcelas não adubadas. Esta espécie australiana é muito usada em Santa Catarina e no Rio Grande do Sul, para fixação de dunas.

## 4. **ESPÉCIES NATIVAS**

### 4.1. **Pinheiro-do-paraná (*Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kze.)**

Sousa, citado por MILANEZ & MONTEIRO NETO (1950), já havia verificado, em 1897, a presença de endomicorrizas no pinheiro-do-paraná. O sistema radicular da araucária apresenta radículas curtas e mais ou menos arredondadas, desprovidas, como as demais, de pelos absorventes. Os autores observaram as células corticais inteiramente cheias de fungos, cujas hifas se advinham pelos seus núcleos minúsculos. Foi observada a limitação do endófito, o qual nunca penetra no cilindro central. Isto se deve à endoderme, que desde o início é constituída de células repletas de tanóides. Os autores insistem sobre a provável importância do endófito para os aspectos ecológicos e silviculturais do pinheiro.

No momento não há aplicação prática, no cultivo de **Araucaria angustifolia**, da simbiose



com fungos endomicorrízicos.

Também outras espécies de **Araucaria** apresentam endomicorrizas, cujo efeito benéfico é mostrado na Tabela 2.

**TABELA 2.** Efeito da micorriza V—A em plantas de **Araucaria cunninghamii** aos 26 meses, cultivadas em substrato muito fértil.

| Característica     | Plantas inoculadas | Plantas não inoculadas |
|--------------------|--------------------|------------------------|
| Peso seco (g)      | 76,1               | 7,2                    |
| % N na parte aérea | 1,25               | 1,88                   |
| idem, raiz         | 0,96               | 0,94                   |
| % P na parte aérea | 0,079              | 0,042                  |
| idem, raiz         | 0,109              | 0,053                  |

Fonte: Bevege (1971), citado por BOWEN (1980)

4.2. **Palmito (Euterpe edulis Mart.)**

Não há informações de associações simbióticas entre plantas de palmito e microorganismos, embora seja provável a presença de endomicorrizas, como constatado em outras palmáceas (JANOS 1976). De qualquer modo, a prática atual mais freqüente de plantios da espécie — enriquecimento em povoamentos onde já ocorre naturalmente, com remoção irrisória da vegetação circunjacente — não afetaria negativamente a atividade da micorriza.

4.3. **Leguminosas**

A maioria, mas não todas as leguminosas, fixam nitrogênio. Embora somente um décimo das espécies tenham sido checadas, os resultados sugerem que a nodulação é quase total em Mimosoideae e Papilionoideae, mas que somente cerca de 30% das espécies de Caesalpinioideae produzem nódulos (NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES 1979).

Nos processos de revegetalização, é conveniente que a vegetação que irá recobrir o solo degradado possa melhorar prontamente as características químicas e físicas do solo. Por isso, os técnicos responsáveis pela reposição de cobertura vegetal em solos de baixa fertilidade utilizam, quando possível, espécies arbóreas ou arbustivas pertencentes à família das leguminosas,



as quais apresentam a peculiaridade de fixar, através da simbiose com bactérias do gênero **Rhizobium**, o nitrogênio livre do ar. A simbiose ocorre nos nódulos situados nas raízes mais superficiais das plantas. Quando a bactéria da simbiose não existe previamente no solo a ser plantado, deve ser introduzida através de inóculos específicos adicionados às sementes (POGGIANI et al. 1981).

Um exemplo brasileiro da eficácia de leguminosas em solos degradados é dado por POGGIANI et al. (1981): a bracatinga (**Mimosa scabrella**) de 3 para 4 anos propiciou deposição anual de cerca de 90 kg de nitrogênio/ha, em um talhão não adubado, em terras de cobertura de xisto retornado, em São Mateus do Sul, PR. Tal contribuição de nitrogênio das leguminosas é importante para manter a produtividade dos solos por longos períodos e para tornar viável o plantio posterior de outras espécies florestais ou agrícolas.

Segundo NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES (1979), uma cultura de leguminosas pode adicionar anualmente 500 kg de nitrogênio ao solo por ha/ano. ZAVITKOVSKI & NEWTON (1971) sugerem que a capacidade de fixar nitrogênio é uma causa importante da alta capacidade de produção de material orgânico decíduo. Em povoamentos de **Alnus rubra** (espécie pioneira de sucessões secundárias) no noroeste dos Estados Unidos, os autores determinaram uma deposição anual de cerca de 6 ton/ha — a mais elevada até então reportada para zonas temperadas. Juntamente com o nitrogênio, quantidades apreciáveis de outros nutrientes importantes são absorvidas e depositadas no piso, contribuindo para a melhoria da fertilidade do solo.

A URPFCS mantém, em quatro Estados brasileiros, uma rede experimental composta de ensaio de comparação de espécies em dez locais. Dentre quase 60 espécies testadas, cinco leguminosas estão apresentando bons desempenhos no campo. Sobre estas espécies serão apresentados dados de crescimento e outras informações.

#### 4.3.1. **Angico-vermelho** (*Parapiptadenia rigida* (**Bentham**) Brenan)

Espécie da subfamília Mimosoideae, é também conhecida por monjoleiro e gुरुcaia. Ocorre no Ceará, Minas Gerais, Mato Grosso até o Rio Grande do Sul, e na Bolívia, Argentina e Paraguai. Vegeta na mata pluvial costeira do Brasil e nas regiões subtropicais do leste e do sul, sendo particularmente abundante nas bacias dos rios Paraná e Uruguai, onde se constitui em uma das espécies mais agressivas.

É espécie fortemente heliófila e pouco sensível aos fatores físicos dos solos, sendo encontradas tanto em solos úmidos como secos. Apresenta madeira muito pesada ( $0,90 \text{ g/cm}^3$ ) e bastante durável, mesmo quando exposta, indicada para construção civil e naval. A casca é rica em tanino e por isso aproveitada em curtumes.

No viveiro da URPFCS, em Colombo - PR, fora de sua área de ocorrência natural, não sofreu inoculação, mas apresentou nodulação nas mudas.

O crescimento do angico-vermelho é de moderado a rápido (Tabela 3), porém as plantas apresentam, nos primeiros anos, acamamento do fuste.



**TABELA 3.** Dados de crescimento de angico-vermelho (**Parapiptadenia rigida**).

| Idade<br>(meses) | Altura<br>(m) | DAP<br>(cm) | Fonte                 |
|------------------|---------------|-------------|-----------------------|
| 24               | 4,23          | 3,6         | CARVALHO 1982         |
| 39               | 6,58          | 7,3         | CARVALHO & COSTA 1981 |

4.3.2. **Bracatinga** (*Mimosa scabrella* **Bentham**)

Espécie da subfamília Mimosoideae, vastamente dispersa pelas capoeiras dos pinhais nos planaltos paranaenses e catarinenses. É uma espécie preparatória do habitat de outras árvores que, após se instalarem, no decorrer dos anos a dominam gradativamente.

Os bracatingais naturais usualmente são explorados entre 5 e 10 anos, dependendo da produtividade do sítio e do interesse econômico do proprietário. A madeira é pesada (0,67 g/cm<sup>3</sup>) e muito usada para lenha e carvão vegetal. Os bracatingais cortados apresentam ótima regeneração natural por sementes, estimulada tanto pela passagem do fogo como pela incidência dos raios solares.

Pela sua agressividade e rápido desenvolvimento em solos fracos e erodidos, a bracatinga é indicada para a sua conservação e revegetalização. A deposição das folhas contribui para a melhoria das características físicas e químicas do solo. Seu crescimento é rápido (Tabela 4). Informações detalhadas sobre bracatinga foram recentemente reunidas em SEMINÁRIO (1981).

No viveiro da URPFCS tem apresentado boa nodulação, sem inoculação.

**TABELA 4.** Dados de crescimento da bracatinga (**Mimosa scabrella**).

| Idade<br>(meses) | Altura<br>(m) | DAP<br>(cm) | Volume<br>(m <sup>3</sup> /ha/ano) | Fonte                 |
|------------------|---------------|-------------|------------------------------------|-----------------------|
| 24               | 7,38          | 8,6         | —                                  | CARVALHO 1982         |
| 24               | 8,83          | 7,6         | 35,06                              | AHRENS 1981           |
| 40               | 10,74         | 8,9         | 31,10                              | CARVALHO & COSTA 1981 |
| 48               | 13,99         | 12,3        | 36,40                              | AHRENS 1981           |
| 60               | 13,79         | 10,3        | 20,4                               | AHRENS 1981           |

#### 4.3.3. **Canafístula** (*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.)

Espécie da sub-família Caesalpinioideae, também conhecida por faveira, guarucaia e ibirá-puitá, e antigamente como **Peltophorum vogelianum** Walp.

Árvore de ampla dispersão, ocorrendo desde a Paraíba até o Rio Grande do Sul, onde encontra na região noroeste o seu limite austral no Brasil. É também assinalada na Argentina, Paraguai e Uruguai. Vegeta na região das matas subtropicais do leste e sul do Brasil, sendo bastante freqüente nas bacias dos rios Paraná e Uruguai.

É uma espécie heliófita. Sendo árvore de grande dispersão geográfica, tolera quase todos os tipos de solos, desde solos fracos de cerradão até os solos profundos de ótima qualidade.

O crescimento da canafístula é moderado a rápido (Tabela 5). Na fase jovem apresenta ramificação monopodial, mas ortotrópica e persistente, a qual exige poda para assegurar comprimento adequado de fuste. Produz madeira muito pesada (0,80 a 0,90 g/cm<sup>3</sup>), usada principalmente em obras civis.

No viveiro da URPFCS em Colombo, PR, fora de sua área de ocorrência natural, não apresentou nódulos. Isto não é estranho, já que a espécie pertence à subfamília Caesalpinioideae, onde a incidência de espécies noduladas é reconhecidamente menor. O sistema radicular das mudas é formado por uma pivotante muito desenvolvida em comprimento e espessura, da qual saem umas poucas raízes laterais, curtas e bem mais finas.

**TABELA 5.** Dados de crescimento da canafístula (*Peltophorum dubium*).

| Idade    | Altura<br>(m) | DAP<br>(cm) | Fonte                   |
|----------|---------------|-------------|-------------------------|
| 2 anos   | 3,24          | 4,0         | CARVALHO 1982           |
| 31 meses | 5,88          | 6,6         | CARVALHO & COSTA 1981   |
| 3 anos   | 3,30          |             | SILVA 1978              |
| 72 meses | 12,00         | 20,0        | MAIXNER & FERREIRA 1976 |
| 21 anos  | 18,00         | 19,0        | GURGEL FILHO 1975       |

#### 4.3.4. **Pau-jacaré** (*Piptadenia gonocantha* (Mart.) Macbr.)

Esta espécie da subfamília Mimosoideae era antigamente conhecida como **Piptadenia communis** Benth. Ocorre desde a Bahia até Santa Catarina, aparecendo também em Minas Gerais. Vegeta nos capoeirões e capoeiras, onde é muito agressiva.

Apresentou nodulações, mesmo sem ser inoculada, no viveiro da URPFCS, em Colombo, PR.

Seu crescimento é relativamente rápido, alcançando aos oito anos de idade um incremento volumétrico de 24,56 m<sup>3</sup>/ha/ano (SPELTZ 1968). Devido ao seu elevado poder calorífico (4.682 quilo-calorias), a madeira é indicada como produtora de carvão vegetal para siderurgia.

4.3.5. **Timbaúba (Enterolobium contortisiliquum (Vellozo) Morong)**

Espécie da subfamília Mimosoideae, também conhecida por timburi, orelha-de-negro e antigamente como **Enterolobium timbauva** Mart.

Habita a floresta pluvial desde o Ceará até o Rio Grande do Sul, alcançando ainda Paraguai, Uruguai e Argentina. É espécie pioneira, tolerando quase todos os tipos de solos, desde os mais fracos até as áreas de solo fértil.

Produz madeira leve (0,35 g/cm<sup>3</sup>), muito procurada para esquadrias e para a fabricação de canoas de tronco inteiro. As folhas secas são forrageiras; entretanto, a saponina do fruto é hemolítica.

Apresenta nodulações, mesmo sem ser inoculada, no viveiro da URPFCS, em Colombo, PR, fora de sua área de ocorrência.

Em plantios, seu crescimento é moderado a rápido (Tabela 6), porém apresenta pequena altura comercial, por sua tendência a bifurcar-se.

**TABELA 6.** Dados de crescimento da timbaúva (**Enterolobium contortisiliquum**).

| Idade    | Altura<br>(m) | DAP<br>(cm) | Fonte                 |
|----------|---------------|-------------|-----------------------|
| 2 anos   | 3,66          | 7,6         | CARVALHO 1982         |
| 28 meses | 3,13          | 5,5         | CARVALHO & COSTA 1981 |
| 3 anos   | 4,45          | 6,4         | SILVA 1978            |

5. REFERÊNCIAS

AHRENS, S. Um modelo matemático para volumetria comercial de bracatinga (**Mimosa scabrella** Benth.) In: SEMINÁRIO SOBRE ATUALIDADES E PERSPECTIVAS FLORESTAIS, 4., "Bracatinga uma alternativa para reflorestamento", Curitiba, jul. 1981. **Anais**. Curitiba, EMBRAPA/URPFCS, 1981. p. 77–90. (EMBRAPA/URPFCS. Documentos, 5).

BOWEN, G.D. Mycorrhizal roles in tropical plants and ecosystems. In: MIKOLA, P. (ed.). **Tropical micorriza research**. Oxford, Clarendon Press, 1980. p. 165–202.



- CARVALHO, P.E.R. Comportamento de essências florestais nativas e exóticas em dois locais do Estado do Paraná. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 4., Belo Horizonte, 1982. **Anais.** São Paulo, Sociedade Brasileira de Silvicultura, 1982. (no prelo).
- CARVALHO, P.E.R. & COSTA, I.M. Comportamento de essências florestais em condições de arboreto em quatro locais do Estado do Paraná. In: SEMINÁRIO SOBRE ATUALIDADES E PERSPECTIVAS FLORESTAIS, 4., "Bracatinga uma alternativa para reflorestamento", Curitiba, jul. 1981. **Anais.** Curitiba, EMBRAPA/URPFCS, 1981. p. 61–70. (EMBRAPA/URPFCS. Documentos, 5).
- DEICHMANN, V.V. **Noções sobre sementes e viveiros florestais.** Curitiba, Universidade Federal do Paraná, 1967. 196p.
- FLINTA, C.M. **Prácticas de plantación forestal en America Latina.** Roma, FAO, 1960. 498p. (FAO: Cuadernos de Fomento Forestal, 15).
- GURGEL FILHO, O.A. Essências indígenas. **Silvicultura em São Paulo**, São Paulo, (9):47–52, 1975.
- JANOS, D.P. Vesicular-arbuscular mycorrhizae affect the growth of **Bactris gasipaes**. **Princeps**, **21**:12–8, 1976.
- KRÜGNER, T.L. & TOMAZELLO FILHO, M. **Tecnologia de inoculação micorrízica em viveiro de Pinus spp.** Piracicaba, IPEF, 1979. 5p. (Circular Técnica, 71).
- LUPATELLI, S.C. A silvicultura brasileira e a utilização de terras marginais para o reflorestamento. In: INSTITUTO BRASILEIRO DE DESENVOLVIMENTO FLORESTAL. COORDENADORIA DE PLANEJAMENTO. **Anais do seminário sobre planejamento do desenvolvimento florestal e uso da terra.** Rio de Janeiro, 1977. v.2 p.207–30. (Série Divulgação, 4).
- MAIXNER, A. & FERREIRA, L.A.B. Contribuição ao estudo das essências florestais e frutíferas nativas do Estado do Rio Grande do Sul. **Trigo e Soja**, (18):1–33, 1976.
- MARKS, G.C. & KOZLOWSKI, T.T. **Ectomycorrhizae: their ecology and physiology.** New York, Academic Press, 1973. 444p.
- MILANEZ, F.R. & MONTÊIRO NETO, H. Nota prévia sobre a micorriza do pinho-do-paraná. **Arq. Serv. Flor.**, **4**:87–93. 1950.
- MOLINA, R. Ectomycorrhizal fungi and forestry practice. In: WALTERS, T. (ed.). **Mushrooms and Man, an interdisciplinary approach to mycology.** 1977. (Reproduced by the Forest Service, U.S. Department of Agriculture, for official use).

- MOLINA, R. Ectomycorrhizal specificity in the genus **Alnus**. **Canadian Journal of Botany**, **59**(3):325–34, 1981.
- MOSSE, B. Advances in the study of vesicular-arbuscular mycorrhiza. **A. Rev. Phytopathol.**, **11**:171–96. 1973.
- NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. **Tropical legumes: resources for the future**. Washington, 1979. 331p.
- POGGIANI, F.; SIMÕES, J.W.; MENDES FILHO, J.M. de A. & MORAIS, A.L. de. **Utilização de espécies de rápido crescimento na recuperação de áreas degradadas**. Piracicaba, IPEF, 1981. 25p. (Série Técnica, **2**(4)).
- SEMINÁRIO SOBRE ATUALIDADES E PERSPECTIVAS FLORESTAIS, 4., "Bracatinga uma alternativa para reflorestamento", Curitiba, jul. 1981. **Anais**. Curitiba, EMBRAPA/URPFCS, 1981. 198p. (EMBRAPA/URPFCS. Documentos, 5).
- SILVA, L.B.X. da. Avaliação do comportamento inicial de diversas essências nativas e exóticas. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 3., Manaus, 1978. **Anais**. São Paulo, Sociedade Brasileira de Silvicultura, 1979. v.2. p.182–3.
- SPELTZ, R.M. Comportamento de algumas essências nativas na fazenda Monte Alegre. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 1., Curitiba, 1968. **Anais**. Curitiba, FIEP, 1968. p.299–302.
- TOMAZELLO FILHO, M. & KRÜGNER, T.L. Formação de ectomicorrizas e crescimento de mudas de **Pinus caribaea** var. **bahamensis** em solo de viveiro infestado artificialmente com **Thelephora terrestris** e **Pisolithus tinctorius** no litoral sul da Bahia. **IPEF**, (21):21–37, 1980.
- YOKOMIZO, N.K.S. **Associação ectomicorrízica de Pisolithus tinctorius (Pers.) Coker e Couch com espécies de Eucalyptus L'Héritier**. Piracicaba, ESALQ, 1981. 54p. (Tese Mestrado).
- ZAMBOLIM, L.; BARROS, N.F. & COSTA, L.M. **Influência de micorrizas vesicular-arbuscular no crescimento e absorção de nutrientes por mudas de Eucalyptus spp.** Belo Horizonte, 1982. 1p. (Resumo apresentado ao IV Congresso Florestal Brasileiro, Belo Horizonte, 1982).
- ZAVITKOVSKI, J. & NEWTON, M. Litter fall and litter accumulation in red alder stands in western Oregon. **Plant and Soil**, **35**:257–68, 1971.

## 1. INTRODUÇÃO

Do nitrogênio existente no planeta Terra, 54% está preso nos sedimentos, 46% na atmosfera e somente 0,03% no sistema solo-planta-animal (DELWICHE 1970). Além do mais, a disponibilidade de N mineral para as plantas está na dependência da contínua decomposição de matéria orgânica, sendo que a adubação nitrogenada está limitada pelo custo. A fixação de  $N_2$  atmosférico está restrita a bactérias que ocorrem no solo ou associadas a algumas espécies vegetais.

A fixação biológica é o sistema que mais contribui para reciclar  $N_2$ , sendo a contribuição das leguminosas na agricultura (14–35 Mg/ano) similar à da fixação industrial (30 Mg/ano) (QUISPEL 1974). A simbiose das leguminosas com as bactérias do gênero **Rhizobium**, bastonetes gram-negativos, representa o sistema mais perfeito na evolução dos sistemas fixadores de  $N_2$  atmosférico. A quantidade de nitrogênio fixada varia com as diversas espécies leguminosas e estirpes de **Rhizobium**, e ainda com as condições mais ou menos favoráveis para a sua expressão. Valores de fixação de  $N_2$  de até 700kg N/ha-ano foram obtidos em trevo (NUTMAN 1971). Medidas de fixação em leguminosas florestais são difíceis de serem feitas e por isso são escassas. Leucena, sem adubação nitrogenada, produziu 800 kg N/ha-ano (MENDOZA et al. 1975). Considerando que o solo pode fornecer parte deste nitrogênio através da mineralização da matéria orgânica, pode-se estimar que neste caso a quantidade fixada foi equivalente à registrada para o trevo. As quantidades necessárias para formação e manutenção de florestas são relativamente menores, já que a reciclagem é grande e a possibilidade de utilização das leguminosas noduladas para reflorestamento é óbvia.

## 2. CICLO DE NITROGÊNIO

O nitrogênio é o elemento mais abundante na atmosfera (79% do ar é  $N_2$ ), mas pouco abundante no solo (0,03 a 0,69% N no horizonte A de solos tropicais — SANCHES 1976). Isto é explicado pela dificuldade de converter nitrogênio molecular em formas iônicas assimiláveis pelas plantas, por um lado, e pela rapidez com que amônio é convertido em nitrato e a facilidade com que nitrato é denitrificado em ambiente anaeróbico ou lixiviado para o sub-solo, pelo outro. A disponibilidade de N para as plantas fica então dependente da contínua decomposição de matéria orgânica. A figura 1 resume as principais reações que ocorrem no solo. A maior dispo-

---

\*. Pesquisador do Setor de Microbiologia de Solos, SNLCS/EMBRAPA, km 47, 23460 — Seropédica, Rio de Janeiro.



nibilidade de N depende da quantidade e tipo de matéria orgânica, população de microorganismos e das condições que controlam as suas atividades. Em geral, a atividade dos microorganismos é favorecida, com maior faixa de tolerância, pelas mesmas condições que favorecem o crescimento das plantas. A direção do processo é determinada pela taxa carbono/nitrogênio (C/N) no solo. Se esta relação é menor que 20–39, ocorre mineralização (BROADBENT 1973) e, conseqüentemente, disponibilidade de N para as plantas.

Devido ao volume muito grande de solo, a diferença entre o maior e menor teor de N (0,66%) citados para solos tropicais (SANCHES 1976), representa 13.200 kg de N. Uma plantação de eucalipto imobiliza por ano no fuste em torno de 10 a 50 kg N/ha. Isto dá uma indicação da dificuldade de determinar, com precisão, variações de N no solo em sistemas florestais, já que as variações de amostragem e precisão de análise são maiores que as necessidades da cultura.

### 3. ABSORÇÃO E ASSIMILAÇÃO DE NITROGÊNIO PELAS PLANTAS

Nitrato é a forma mais importante do nitrogênio mineral para os vegetais em geral, enquanto  $N_2$  é a forma mais importante para as leguminosas bem noduladas. Amônio pode ser assimilado, mas sua concentração no solo é geralmente muito pequena. A assimilação de nitrato pelas plantas envolve absorção, transporte, redução a nitrito e a amônio antes da incorporação a aminoácidos e posteriormente a proteínas. Energia é necessária para absorção, transporte e, em maior quantidade, para a redução do nitrato a amônio. Desta forma, não há grande diferença em termos energéticos entre a assimilação de nitrogênio pela fixação biológica ou pela redução de nitrato (ver revisão de PHILLIPS 1980). Por outro lado, o custo energético de fixar  $N_2$  industrialmente ( $6 \times 10^6$  cal por kg N, DELWICHE 1970), adicionado do transporte e aplicação, é muito maior que os custos energéticos associados a formação de nódulos e fixação de  $N_2$  em leguminosas.

### 4. FIXAÇÃO DE $N_2$ ATMOSFÉRICO NA SIMBIOSE **Rhizobium** – LEGUMINOSAS

Gravuras de plantas noduladas de **Ornithopodium** datam de 1858 (FRED et al. 1932). Utilizada pelos egípcios e romanos, a incorporação de  $N_2$  do ar no sistema solo-plantas somente a partir de 1888 começou a ser decifrada (QUISPEL 1974). Os livros de FRED et al. (1932) e WILSON (1940) constituem excelentes revisões das pesquisas sobre o assunto até a data de suas publicações. As publicações recentes são muitas, podendo ser citados apenas algumas como exemplos (QUISPEL 1974; HARDY & GIBSON 1977; HARDY & SILVER 1977; ANDREW & KAMPRATH 1978; DOBEREINER et al. 1978; SPRENT 1979; ALLEN & ALLEN 1981).

#### 4.1. **Biologia**

O tempo de aparecimento dos nódulos é variável com espécies leguminosas e estirpes

de **Rhizobium**. Geralmente os nódulos são visíveis de cinco a dez dias após o plantio. Com nove a quinze dias se detecta atividade da nitrogenase, enquanto a maioria das plantas só mostra indicações visíveis de benefícios após três a quatro semanas do plantio.

O estabelecimento da simbiose se desenvolve em várias etapas:

#### 4.1.1. Multiplicação do **Rhizobium** no solo

A multiplicação de **Rhizobium** no solo é muito afetada pela competição com outros microorganismos do solo, inclusive **Rhizobium** não específicos e atividade de organismos antagônicos e predadores. A ação de outros organismos se faz pela competição por nutrientes e pela ação de produtos inibidores (ex.: antibióticos, bacteriocinas) (CHATEL et al. 1968). A presença da leguminosa afeta a composição das estirpes de **Rhizobium** nativas do solo (BROCKWEL & ROBINSON 1970). A presença de estirpes nativas de **Rhizobium** ineficientes ou que não nodulam a espécie ou variedade introduzidas pode ser fator importante no estabelecimento da simbiose e na persistência de leguminosas (LABANDERA & VICENT 1975).

#### 4.1.2. Multiplicação de **Rhizobium** na rizosfera

Geralmente é estimulada pelas excreções da raiz, mais por leguminosas que não leguminosas e pouco específica para estirpes mais ou menos eficientes, podendo atingir uma população de  $10^6$  bactérias/mm raiz na maioria das leguminosas, com uma ou mais estirpes presentes (FRANCO & VICENT 1976). Em casos específicos, como na ervilha, foi observado que produtos excretados pela raiz estimulam especificamente o crescimento de estirpes de **R. leguminosarum** (VAN EGERAAT 1975 a, b). Mas a colonização da raiz de um modo geral não explica a especificidade de estirpes em nodular (VINCENT 1980).

#### 4.1.3. Reconhecimento do hospedeiro

As bactérias aderem à superfície da raiz através de mecanismo ainda pouco conhecido, tendo sido sugerida a presença de lectinas (proteínas produzidas pelo hospedeiro) que fazem a ponte de ligação entre a superfície da raiz e a superfície da bactéria (DAZZO et al. 1976). A especificidade de lectinas isoladas de trevo e **R. trifolii** tem sido usada como suporte para esta hipótese (DAZZO et al. 1978), entretanto a não especificidade observada em outras leguminosas (BOHLOOL & SCHMIDT 1974, LAW & STRIJDOM 1977) indica que existem outros fatores, além das lectinas, envolvidos no reconhecimento das estirpes específicas.

O primeiro sinal evidente da infecção é o encurvamento dos pelos absorventes. Somente a presença de estirpes que nodulam ou extratos de culturas destas estirpes são capazes de induzir encurvamento pronunciado (YAO & VINCENT 1969). O encurvamento e afrouxamento da parede celular é causado pelo acúmulo de substâncias produzidas pela bactéria, ou então, pela planta, como resposta a um estímulo da bactéria. Este é provavelmente o estágio mais sensível da nodulação das leguminosas aos fatores do meio ambiente: pH, deficiência de Ca, toxidez de Al e Mn, temperaturas excessivas, etc.



#### 4.1.4. Formação do cordão de infecção

O processo de infecção dos pelos absorvente é iniciado com a invaginação da parede celular, possivelmente com a intervenção de auxinas, quase sempre junto ao núcleo da célula. Aparece inicialmente um ponto hialino ou inchamento na parede do pelo, aumenta o movimento citoplasmático, e após aproximadamente 3 horas, o cordão de infecção pode ser visto. O cordão de infecção é formado por uma fileira de bactérias embebidas em mucigel (mucopolissacarídeos de origem bacteriana) envolvidas por uma membrana produzida pelo hospedeiro. O cordão continua crescendo em direção à parte interior do cortex da raiz, seguindo entre ou através das células, mas sempre passando junto ao núcleo. Em algumas leguminosas, a infecção se dá no ponto de emergência de raízes laterais, quando a propagação das bactérias se dá juntamente com a divisão das células. A infecção das células da planta pelas bactérias induz a uma poliploidia nas células do hospedeiro (VINCENT 1980).

#### 4.1.5. Desenvolvimento dos nódulos

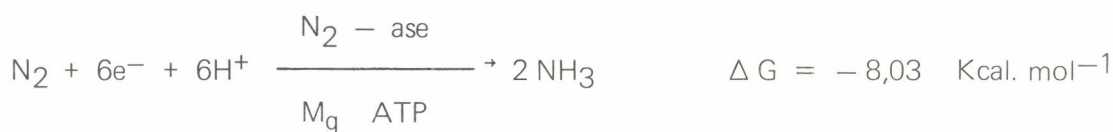
A morfologia do nódulo está associada à maneira com que a bactéria se propaga de célula para célula, e é característica da planta hospedeira. A forma do nódulo é determinada pela atividade meristemática e pode ser classificada em redondo, oval, alongado, ramificado, coraloide e em forma de coroa envolvendo a raiz. Nos nódulos redondos e ovais, a atividade meristemática é inicialmente espalhada em todo o nódulo, ficando posteriormente localizada na periferia da zona contendo bacteróides, e a maior parte do crescimento dos nódulos, daí em diante, é pelo aumento das células contendo bacteróides. Nos nódulos alongados, a região meristemática forma uma capa terminal funcionando durante toda a vida do nódulo. Os nódulos que crescem em forma de coroa podem ser resultantes da atividade meristemática de um cordão de infecção ou vários que se juntam (DART 1977).

Quando o cordão de infecção atinge as camadas de células internas da cortex, nos pontos opostos ao protoxilema, elas começam a se dividir. Existem indicações da presença de inibidores (PHILLIPS 1971) ou promotores da nodulação, nos cotilédones (DART 1977). As células centrais da cortex, juntamente com as da endoderme e possivelmente periciclo, continuam a se dividir em vários planos e são infectadas pelo cordão de infecção que continua crescendo e liberando bactérias, sendo estas imediatamente envolvidas por uma membrana, possivelmente produzida pelo hospedeiro. As bactérias se multiplicam de uma a quatro gerações antes de sofrerem mudanças morfológicas e fisiológicas e se transformarem em bacteróides. Neste ponto, a célula da planta infectada perde o núcleo e a sua atividade meristemática. As células da cortex adjacentes se tornam meristemáticas e vão formar o meristema do nódulo. O cordão de infecção acompanha o crescimento do nódulo agora crescendo de dentro para fora. A camada de células externas do nódulo não é infectada e forma a cortex, onde se forma um sistema vascular do nódulo, conectado ao sistema vascular da raiz do hospedeiro. Um nódulo em plena atividade apresenta três zonas distintas: uma região meristemática apical, logo abaixo, uma região com bacteróides fixando nitrogênio e, na base do nódulo, uma região onde o sistema está em degeneração. Em nódulos

de crescimento determinado, estas zonas se distribuem em toda extensão do nódulo, de fora para dentro.

#### 4.1.6. Fixação de $N_2$ atmosférico

Quando a bactéria passa a bacteróide ela sofre mudanças morfológicas, fisiológicas e de função. As proteínas, lipídios e sistemas enzimáticos da membrana, que envolvem a bactéria, se alteram indicando mudança de função durante a fase em que a bactéria está fixando nitrogênio. A parede celular fica mais permeável, devido a mudança na fração de lipopossacarídeos (VAN BRUSSEL et al. 1977). Isto pode facilitar a troca de produtos metabólicos entre bactéria e planta. Há formação de uma substância pouco comum no reino vegetal chamada leghaemoglobina, estando parte da codificação genética para sua síntese situada na bactéria (haem) e parte na planta (apoptotreina) (SPRENT 1979). A função da leghaemoglobina está bem definida, sendo a de transportar  $O_2$  para os bacteróides, mantendo as concentrações de  $O_2$  livre baixas para não afetar a nitrogenase (BERGERSEN 1977). Entretanto, a localização desta substância ainda é disputada, havendo evidências que está dentro do envelope membranoso que envolve os bacteróides (BERGERSEN 1977) ou no citoplasma do hospedeiro (ROBERTSON et al. 1978). Durante este período há formação do sistema enzimático (nitrogenase) responsável pela fixação de  $N_2$  a  $NH_4$ , através da seguinte reação:



Esta reação teoricamente libera energia ( $\Delta G$  negativa), mas devido à estabilidade da molécula de  $N_2$ , ela necessita grande quantidade de energia, fornecida em forma de ATP, gerado pela fosforilação oxidativa na bactéria. Como oxigênio inativa a nitrogenase e a fixação de  $N_2$  em  $NH_3$  é um processo altamente redutor, as leguminosas evoluíram um sistema carreador de  $O_2$  em baixas concentrações para a manutenção do processo, de certa forma semelhante a função da haemoglobina nos animais. Este sistema é a leghaemoglobina, já discutida anteriormente.

O complexo enzimático nitrogenase ( $N_2$ -ase) é composto de duas partes: a) Fe-proteína, com 4 Fe e 4 S por molécula, também chamada nitrogenase redutase; b) Mo-Fe-proteína com 1–2 Mo, 12–32 Fe e 24 S por molécula. É nesta última que  $N_2$  é reduzido a amônio. A Fe-proteína funciona como carreador de elétrons da ferredoxina para a Mo-Fe-proteína, com a hidrólise de 2 ATP para cada elétron.

Durante a fixação de  $N_2$  existe uma perda de  $N_2$ , que representa um desperdício de elétrons (energia). Alguns organismos possuem um sistema de hidrogenase que recicla parte de  $H_2$  produzido durante a fixação de  $N_2$ . Estirpes de **Rhizobium** de um mesmo grupo ou espécie variam quanto a presença desta hidrogenase, tendo sido proposto que as estirpes com hidro-



genase são mais eficientes em fixar  $N_2$  (EVANS et al. 1977).

Existem outros fatores que determinam a eficiência de estirpes, tais como presença de maior número de células do nódulo com bacteróides, rapidez com que a nodulação se estabelece, forma com que o N fixado é transportado para a parte aérea da planta, etc.

#### 4.1.7. Remoção do $NH_3$ fixado

O amônio produzido é incorporado em duas fases: inicialmente em glutamina pela glutamina sintetase (GS) e uma segunda reação em ácido glutâmico, que é produzido a partir de glutamina, reação esta catalizada pela glutamina—2—oxo glutarato amino transferase (GOGAT). Em ambas reações, há consumo de energia, mas tem a vantagem do sistema enzimático ter grande afinidade pelo substrato ( $NH_3$ ), que se não for removido rapidamente é repressor da nitrógenase. Com glutamato a planta produz vários compostos nitrogenados (asparagina, alantoina, citrulina, etc.), que são transportados para a parte aérea da planta. Quanto maior a relação C/N do composto transportado, maior a eficiência do transporte. Ácido alantóico e alantoína com uma relação C/N = 1 é teoricamente o mais eficiente e foi recentemente encontrado em várias leguminosas tropicais quando fixam  $N_2$  (MATSUMO et al. 1977).

A maior ou menor proporção de cada produto de transporte encontrado no xilema varia com espécies de leguminosas, estirpes de **Rhizobium** e condições a que as plantas estão sendo submetidas (PATE 1980).

### 4.2. Fatores limitantes da simbiose

A intensidade de qualquer fator limitante é variável para cada espécie de leguminosa, cada estirpe de **Rhizobium** e a interação de ambos, sendo que a ocorrência de fatores bióticos e abióticos nunca estão dissociados.

#### 4.2.1. Fatores bióticos

A presença de **Rhizobium** inefetivo no solo é talvez o fator mais importante entre os que afetam a introdução de uma leguminosa em regiões novas para a espécie e onde estirpes inefetivas estão estabelecidas. Por esta razão, a introdução de inoculantes de **Rhizobium** em uma região deve ser criteriosamente estudada para não prejudicar futuras culturas. Nem sempre as estirpes eficientes são as mais competitivas para formar nódulos (FRANCO & VINCENT 1976) e portanto muitas vezes são dificilmente introduzidas em solos onde já existem estirpes ineficientes.

O uso de substâncias que inibem o crescimento, tanto de eucariontes como procariontes, favorece a multiplicação de **Rhizobium** no solo (ALEXANDER 1982). A população de **Rhizobium** resistente a antibióticos aumenta com os anos de cultivo (DÖBEREINER et al. 1981) e parece

mais generalizada em regiões tropicais. No caso específico da soja, há indicações que resistência a antibióticos pode ser um dos fatores importantes no sucesso de certas estirpes (29W, 587) nos cerrados, nos primeiros anos de cultivo (SCOTTI et al. 1982). Existe ainda uma grande incidência de resistência à estreptomicina e tetraciclina de estirpes de **Rhizobium** spp. nativas que nodulam estilosantes nos cerrados (SÁ et al. 1982) e cowpea na Amazônia (LÁZARA & DÖBEREINER, resultados não publicados). A calagem de solos ácidos aumenta a incidência de actinomicetos e com isto a proporção de bactérias resistentes a antibióticos, inclusive **Rhizobium**, mesmo em solos já sob cultura há vários anos (BALDANI et al. 1982).

A ocorrência de larvas de insetos que infectam os nódulos de leguminosas (**Sitona lineatus**, **Otiorrhynchus liquatice**, **Amnemos quadrituberculatus**, **Rivellia** sp.) parece mais importante que o efeito indireto dos insetos na planta em si, mas tem ocorrência menos generalizada que as últimas. Da mesma forma, a presença de nematóides diminui a nodulação (CHOWDHURY 1976), mas o efeito na própria planta também é importante.

#### 4.2.2. Fatores abióticos

Os efeitos dos fatores abióticos se fazem sentir na sobrevivência do **Rhizobium** no solo, no processo de infecção e no funcionamento da simbiose, afetando a formação dos nódulos, a fixação de  $N_2$  em si ou, indiretamente, afetando a planta.

O **Rhizobium** de uma maneira geral tem maior tolerância às condições adversas do solo do que a planta. Por exemplo, algumas estirpes de **R. phaseoli** crescem em pH 3.8, enquanto, mesmo com adubação nitrogenada, o crescimento do feijão é afetado neste pH. Mesmo assim a maioria das estirpes de **R. phaseoli** tem crescimento restrito a pH abaixo de 5,1. É necessário, portanto, um trabalho de seleção de bactéria e planta para situações específicas, especialmente para pastagens e reflorestamento, onde pouco se modificam as condições do solo.

Toxidez de Al e Mn e deficiência de Ca, Mg e P também são fatores que limitam o crescimento de certas estirpes de **Rhizobium**, mas em níveis que também limitam o crescimento das plantas. O fósforo é talvez mais importante quando a bactéria está crescendo na rizosfera das raízes em solos com baixa disponibilidade de P. Algumas estirpes de **Rhizobium** têm crescimento limitado em concentrações de  $10^{-7}$  M P, concentrações estas que ocorrem na superfície das raízes (CASSMAN et al. 1981).

O processo de infecção e iniciação dos nódulos é o mais sensível, tanto ao pH em si (MUNNS 1968; FRANCO & MUNNS 1982a) quanto à toxidez de Al (MUNNS 1977). Após a infecção, a bactéria passa a ser protegida pela planta e grande parte do efeito é indireto ou de difícil distinção.

Molibdênio, o elemento chave da nitrogenase, tem efeito específico no funcionamento da simbiose, e cobalto no crescimento da bactéria. Deficiência de Mo é generalizada em solos tropicais (BATAGLIA et al. 1975; FRANCO et al. 1978) enquanto resposta de leguminosas a cobalto foi observada em várias regiões da Austrália e em feijão em solos de Minas Gerais (GLADSTONES et al. 1977; JUNQUEIRA NETO et al. 1977). O Mo também faz parte da nitrato-reductase, enzima responsável pela redução de nitrato a nitrito na planta. Entretanto,



plantas dependentes da simbiose são mais afetadas pela deficiência do Mo do que quando adubadas com N mineral (ver revisão de ANDERSON 1956). A maior sensibilidade de leguminosas noduladas à deficiência dos nutrientes, principalmente os menos móveis no solo quando comparados com plantas sem nódulos, pode ser devido à redução do sistema radicular.

O nitrogênio é o nutriente mineral que mais impacto exerce sobre a simbiose. Em pequenas concentrações, 0.5 a 1 mg N/planta/dia estimula a nodulação, mas em concentrações médias a altas, independentemente da forma ( $\text{NH}_3$ ,  $\text{NO}_3^-$ , urea, etc.), é prejudicial tanto ao crescimento do nódulo quanto à atividade da nitrogenase. A disponibilidade de carboidratos (relação C/N alta) é o que determina estabelecimento ou não de simbiose. As diversas formas de nitrogênio tem efeito diverso nas diversas fases da simbiose.

Baixas concentrações de nitrato podem inibir ou estimular nodulação, dependendo da planta (DART 1977; VINCENT 1980). Nitrato pode diminuir produção de pelos absorventes, e tem sido sugerido que nitrato ou nitrito pode causar a destruição do ácido indol acético, necessário no processo de infecção.

A presença de amônio, por outro lado, reprime a produção da nitrogenase e o sistema específico de incorporação de amônio a baixas concentrações, passando a usar a glutamato dehidrogenase.

#### 4.2.3. Fatores climáticos

A fixação de nitrogênio consome energia extraída de produtos provenientes diretamente da fotossíntese, e qualquer fator que afeta a fotossíntese (ex.: fechamento de estômatos, sombreamento, aumento de  $\text{CO}_2$  na atmosfera, etc.) também afeta a fixação (NEYRA 1977). O funcionamento do nódulo é ainda muito sensível à deficiência hídrica (SPRENT 1979). Quando economicamente viável, tanto os fatores nutricionais quanto os de deficiência hídrica podem ser rígidos, enquanto os efeitos de temperatura são mais difíceis de serem manipulados. A maioria das leguminosas tropicais tem funcionamento ótimo na faixa de 28° a 32°C. Entretanto, as temperaturas nos 2,5 a 5 cm superficiais de solo podem atingir 42° a 45°C por mais de 6 horas diárias em muitos solos tropicais. Tem sido observado em **R. phaseoli** que temperaturas entre 32° a 36°C curam a bactéria de um plasmídeo que contém a informação genética para nodulação, tornando-a não infectiva (ZURKOWSKI & LORKIEWICZ 1978). Por outro lado, foi observado que temperaturas elevadas (32°C) aumentaram a produção de nódulos de feijão, mas diminuíram sua eficiência (FRANCO & MUNNS, resultados não publicados). Temperaturas acima de 38° a 46°C afetam a sobrevivência do **Rhizobium**, variando com a espécie e, mesmo dentro de uma mesma espécie, com a estirpe (MUNEVAR & WOLLUM 1981). Entre as práticas agrícolas que podem modificar a temperatura do solo figura o uso de cobertura morta, podendo desta forma facilitar o estabelecimento da simbiose antes que haja a cobertura do terreno com a própria vegetação.

## 5. CONCLUSÕES

A mineralização da matéria orgânica existente no solo é a principal fonte de nitrogênio

em sistemas agrícolas que não fazem uso da fixação biológica, sendo portanto um processo que leva ao esgotamento do sistema.

A fixação biológica de  $N_2$  atmosférica na simbiose leguminosa — **Rhizobium** é afetada por fatores do solo e do clima. Na maioria dos sistemas florestais, torna-se necessário buscar espécies leguminosas e estirpes de **Rhizobium** adaptadas às condições prevalentes ou que necessitam de um mínimo de investimento. O conhecimento acumulado da biologia da simbiose das leguminosas com **Rhizobium** permite, na maioria dos casos, obter inoculantes específicos a relativamente curto prazo. O entendimento e remoção dos fatores que limitam a maximização da fixação de nitrogênio é um processo mais demorado.

O teor de N dos solos tropicais é baixo, mas a quantidade total pode representar uma fonte importante para sistemas não fixadores. O efeito a longo prazo do esgotamento destas reservas é previsível, mas ainda pouco estudado.

## 6. REFERÊNCIAS

ALEXANDER, M. Production of improved strains of cowpea and soybean rhizobia for adverse tropical conditions. Second Advisory Committee meeting on maximizing nitrogen fixation by cowpeas and soybeans in farming systems in the humid tropics. Ithaca, Cornell University, 1982.

ALLEN, O.N. & ALLEN, E.K. **The Leguminosae a source book of characteristics, uses and nodulation.** London, MacMillan, 1981.

ANDERSON, A.J. Molybdenum as a fertilizer. **Adv. in Agronomy**, 8:163—202, 1956.

ANDREW, C.S. & KAMPRATH; E.J. **Mineral nutrition of legumes in tropical and subtropical soils.** Melbourne, CSIRO, 1978.

BALDANI, J.I.; BALDANI, V.L.D.; XAVIER, D.F.; BODDEY, R.M. & DÖBEREINER, J. Efeito da calagem no número de actinomicetos e na % de bactérias resistentes a estreptomicina na rizosfera de milho, trigo e feijão. **Rev. Bras. Microbiol.** (enviado para publicação) 1982.

BATAGLIA, O.C.; FURLANI, P.R. & VALADARES, J.M.A.S. O molibdênio em solos do Estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 15., Campinas, SP, 1975. **Anais.** p. 107—17.

BERGERSEN, F.J. Leghemoglobin, oxygen supply and nitrogen fixation: studies with soybean nodules. In: DÖBEREINER, J. et al. eds. **Limitations and potentials for biological nitrogen fixation in the tropics.** New York, Plenum Press, 1977.



- BOHLOOL, B.B. & SCHMIDT, E.L. Lectins: a possible basis for specificity in **Rhizobium** — legume root nodule symbiosis. **Science**, **185**:269—71, 1974.
- BROADBENT, F.E. Turnover of nitrogen in soil organic matter. **Pontificiae Academiae Scientiarum Scripta. Varia**, **32**:61—88, 1968.
- BROADBENT, F.E. Sources and sinks of nitrate in soils. **Proc. of 1st. annual trace contaminants conference**. NSF—RANN p.108—19. 1973.
- BROCKWELL, J. & ROBINSON, A.C. Observations on the natural distribution of **Rhizobium** spp. relative to physical features of the landscape. **Proc. XI Intern. Grassland Congress**. p. 438—41. 1970.
- CASSMAN, K.G.; MUNNS, D.N. & BECK, D.P. Phosphorus nutrition of **Rhizobium japonicum**: strain differences in phosphate storage and utilization. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, **45**:517—20, 1981.
- CHATEL, D.L.; GREENWOOD, R.M. & PARKER, C.A. Saprophytic competences an important character in the selection of **Rhizobium** for inoculation. INTERNATIONAL CONGRESS OF SOIL SCIENCE, 9., Adelaide, 1968. **Transactions**. p.65.
- CHOWDHURY, M.S. Effects of soil antagonists on symbiosis. In: VINCENT, J.M.; WHITNEY, A.S. & BOSE, J. eds. **Exploiting the legume — Rhizobium symbiosis in tropical agriculture**. Hawaii, 1976. (Misc. Publ., 145).
- DART, P. Infection and development of leguminous nodules. In: HARDY, R.W.F. & SILVER, W.S. **A treatise on dinitrogen fixation**. Biology. New York, J. Wiley, 1977.
- DAZZO, F.B.; NAPOLI, C.A. & HUBBELL, D.H. Adsorption of bacteria to roots as related to host specificity in the **Rhizobium** — clover symbiosis. **Apl. Enviror. Microb.**, **32**:166—71, 1976.
- DAZZO, F.B.; YANKE, W.E. & BRILL, W.J. Trifoliin: a **Rhizobium** recognition protein from white clover. **Bioch. Bioph. Acta.**, **539**:276—286, 1978.
- DELWICHE, C.C. The nitrogen cycle. **Scientific American**, **233**:137—46, 1970.
- DÖBEREINER, J.; BURRIS, R.H.; HOLLANDER, A.; FRANCO, A.A.; NEYRA, C.A. & SCOTT, D.B. eds. **Limitations and potentials for biological nitrogen fixation in the tropics**. New York, Plenum Press, 1978.
- DÖBEREINER, J.; SCOTTI, M.R.M.M.L.; SÁ, N.M.H. & VARGAS, M.A.T. Spontaneous

resistance streptomycin of **Rhizobium** isolates from cerrado and amazon soils. IV Int. Symp. N<sub>2</sub> Fixation. Canberra, 1981.

EVANS, H.J.; RUIZ-ARGÜESO, T. & RUSSEL, S.A. Relationship between hydrogen metabolism and nitrogen fixation in legumes. In: DÖBEREINER, J. et al. eds. **Limitations and potentials for biological nitrogen fixation in the tropics**. New York, Plenum Press, 1977.

FRANCO, A.A. & VINCENT, J.M. Competition amongst rhizobial strains for the colonization and nodulation of two tropical legumes. **Plant and Soil**, **45**:27–48, 1976.

FRANCO, A.A.; PERES, J.R. & NERY, M. The use of **Azotobacter paspali** N<sub>2</sub>-ase (C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> reduction activity) to measure molybdenum deficiency in soils. **Plant and Soil**, **50**:1–11, 1978.

FRANCO, A.A. & MUNNS, D.N. Nodulation and growth of **Phaseolus vulgaris** in solution culture. **Plant and Soil** **66**:149–160, 1982a.

FRANCO, A.A. & MUNNS, D.N. Acidity and aluminum restraints of nodulation, nitrogen fixation and growth of **Phaseolus vulgaris** in solution culture. **Soil Sci. Soc. Am. J.** **46**:296–301, 1982b.

FRED, E.B.; BALDWIN, I.L. & McCOY, E. **Root nodule bacteria and leguminous plants**. Madison, University of Wisconsin Press, 1932.

GLADSTONES, J.S.; LONERAGAN, J.F. & GOODCHILD, N.A. Field responses to cobalt and molibdenum by different legume species, with inferences to the role of cobalt in legume growth. **Aust. J. Agric. Res.**, **28**:621–6, 1977.

HARDY, R.W.F.; SILVER, W.S. **A treatise on dinitrogen fixation**. Biology. New York, J. Willey, 1977.

HARDY, R.W.F. & GIBSON, A.H. **A treatise on dinitrogen fixation**. Agronomy and Ecology. New York, J. Willey, 1977.

JUNQUEIRA NETO, A.; SANTOS, O.S. dos; AIDAR, H. & VIEIRA, C. Ensaios preliminares sobre a aplicação do molibdênio e de cobalto na cultura de feijão (**Phaseolus vulgaris** L.) **Rev. Ceres**, **24**:628–33, 1967.

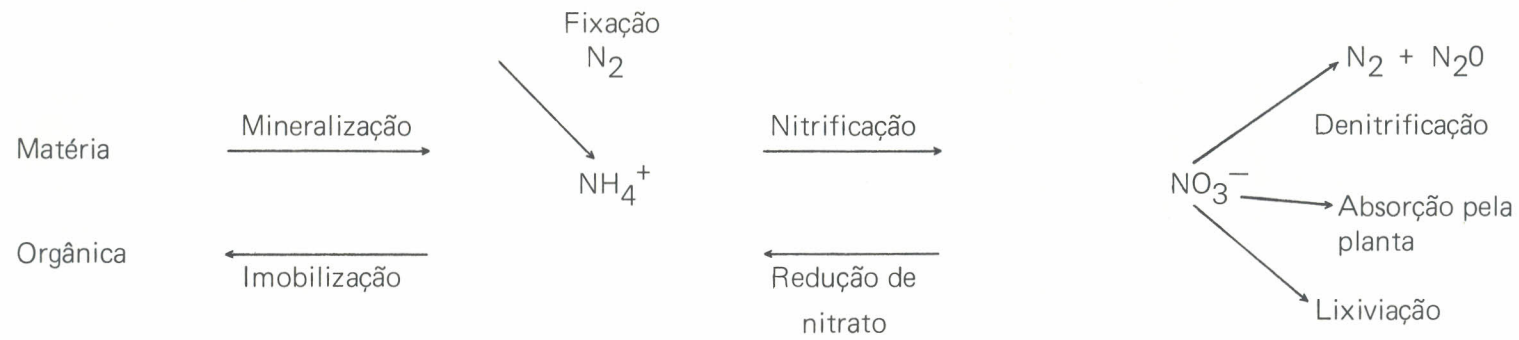
LABANDERA, C.A. & VINCENT, J.M. Competition between and introduced strain and native Uruguayan strains of **Rhizobium trifolii**. **Plant and Soil**, **42**:327–47, 1975.

- LAW, I.J. STRIJDOM, B.W. Some observations on plant lectins and **Rhizobium** specificity. **Soil Biol. Biochem.**, **9**:79–84, 1977.
- MATSUMOTO, T.; YATAZAWA, M. & YAMAMOTO, Y. Incorporation of  $^{15}\text{N}$  into allantoin in nodulated soybean plants supplied with  $^{15}\text{N}_2$ . **Plant Cell Physiol.**, **18**:459–62, 1977.
- MENDOZA, R.C.; ALTAMIRANO, T.P. & JAVIER, E.Q. Herbage, crude protein, and digestible dry matter yield of Ipil-ipil (**Leucaena latisiliqua** cv. Peru) in hedge rows. Annual Scientific Convention of Philippine Society of Animal Science, nov. 1975.
- MUNÉVAR, F. & WOLLUM II, A.G. Growth of **Rhizobium japonicum** strains at temperatures above  $27^{\circ}\text{C}$ . **Appl. Environ. Microb.**, **42**:272–6, 1981.
- MUNNS, D.N. Soil acidity and growth of a legume. II. Reactions of aluminum and phosphate in solution and effects of aluminum, phosphate, calcium and pH of **Medicago sativa** L. and **Trifolium subterraneum** L. in solution culture. **Aust. J. Agric. Res.**, **16**:743–55, 1965.
- MUNNS, D.N. Nodulation of **Medicago sativa** in solution culture. I. Acid sensitive steps. **Plant and Soil**, **28**:129–46, 1968.
- MUNNS, D.N. Mineral nutrition and the legume symbiosis. In: HARDY, R.W.F. & GIBSON, A.H. eds. **A treatise on dinitrogen fixation**. Agronomy and Ecology. New York, J. Willey, 1977.
- NEYRA, C.A. Interactions of plant photosynthesis with dinitrogen fixation and nitrate assimilation. In: DÖBEREINER, J. et al. eds. **Limitations and potentials for biological nitrogen fixation in the tropics**. New York, Plenum Press, 1977.
- NUTMAN, P.S. Sci. Prog. Oxf. 55. Citado por GOMES, A.A. & ZANDSTRA, H.G. An analysis of the role of legumes in multiple cropping systems. In: VINCENT, J.M.; WHITNEY, A.S. & BOSE, J. eds. **Exploiting the legume-Rhizobium symbiosis in tropical agriculture**. Hawaii, Univ. Hawaii, 1976. (Misc. Publ., 145).
- PATE, J.S. Transport and partitioning of nitrogenous solutes. **Ann. Rev. Plant Physiol.**, **31**:313–40, 1980.
- PHILLIPS, D.A. A cotyledonary inhibitor of root nodulation in **Pisum sativum**. **Physiologia Pl.**, **25**:482–7, 1971.
- PHILLIPS, D.A. Efficiency of symbiotic nitrogen fixation in legumes. **Ann. Rev. Plant. Physiol.**, **31**:29–49, 1980.



- QUISPEL, A. General introduction pg. 1—8. In: QUISPEL, A. ed. **The biology of nitrogen fixation**. Amsterdam, North Holland Publ., 1974.
- ROBERTSON, J.G.; WARBURTON, M.P.; LYTTLETON, P.; FORDYCE, A.M. & BULLIVANT, S. Membranes in lupin root nodules. II. Preparation and properties of peribacteroid membranes and bacteroid envelope inner membranes from developing lupin nodules. **J. Cell Sci.**, **30**:151—74, 1978.
- SÁ, N.M.H.; SCOTTI, M.R.M.M.L.; VARGAS, M.A.T. & DÖBEREINER, J. Resistência natural à estreptomicina e eficiência de estirpes de **Rhizobium** sp. nativas nos cerrados associados a **Stylosanthes** spp. **Pesq. agropec. bras.** (enviado para publicação). 1982.
- SANCHES, P.A. **Properties and management of soils in the tropics**. New York, J. Willey, 1976. 618p.
- SCOTTI, M.R.M.M.L.; SÁ, N.M.H.; VARGAS, M.A.T. & DÖBEREINER, J. Streptomycin resistance of **Rhizobium** strains isolated from Brazilian cerrados. (Em preparação).
- SPRENT, J.I. **The biology of nitrogen-fixing organisms**. London, McGraw-Hill, 1979.
- VAN BRUSSEL, A.A.N.; PLANQUÉ, K. & QUISPEL, A. The wall of **Rhizobium leguminosarum** in bacteroid and freeliving form. **J. Gen. Microbiol.**, **101**:51—6, 1977.
- VAN EGERAAT, A.W.S.M. The growth of **Rhizobium leguminosarum** on the root and in the rhizosphere of pea seedlings in relation to root exudates. **Plant and Soil**, **42**:367—79, 1975a.
- VAN EGERAAT, A.W.S.M. The possible role of homoserine in the development of **Rhizobium leguminosarum** in the rhizosphere of pea seedlings. **Plant and Soil**, **42**:381—6, 1975b.
- VINCENT, J.M. Factors controlling the legume-**Rhizobium** symbiosis. In: NEWTON, W.E. & ORME-JOHNSON, W.H. eds. **Nitrogen fixation**. v.2. Baltimore, University Park Press, 1980.
- WILSON, P.W. **Biochemistry of symbiotic nitrogen fixation**. Madison, Univ. Wisconsin Press, 1940.
- YAO, P.Y. & VINCENT, J.M. Host specificity in the root hair "curling factor" of **Rhizobium** spp. **Aust. J. Biol. Sci.**, **22**:413—23, 1969.
- ZURKOWSKI, W. & LORKIEWICZ, Z. Effective method for the isolation of non-nodulating mutants of **Rhizobium trifolii**. **Genet. Res.**, **32**:311—4, 1978.

**Fig. 1** - Transformações do nitrogênio do solo (baseado em Broadbent 1968).



## O PAPEL DAS LEGUMINOSAS NO REFLORESTAMENTO

Eliane Maria R. da Silva\*

Johanna Döbereiner\*

Sabe-se da importância que as leguminosas têm, graças à capacidade que a maioria das espécies possuem de abastecer todas as suas necessidades de nitrogênio através da simbiose com bactérias do gênero **Rhizobium**. Esta característica não é privativa das espécies herbáceas, como o feijão ou a soja. Grande parte das florestas nativas tropicais é constituída de leguminosas, e entre as árvores altas (30–40 m) que formam a selva amazônica, esta família é a melhor representada em número de espécies e em número de indivíduos (DUCKE & BLACK 1953). Espécies de **Dimorphandra**, **Himenolobium** e **Parkia** são exemplos. A família **Leguminosae** provavelmente se originou nos trópicos, onde ocorrem duas vezes mais gêneros que na zona de clima temperado, sendo que mais de 95% das leguminosas de clima temperado são **Papilionoideae**, enquanto **Mimosoideae** e **Caesalpinioideae** são predominantemente tropicais (NORRIS 1958). Entre elas a grande maioria são árvores, sendo que 95% de **Mimosoideae**, 97% de **Caesalpinioideae** e apenas 38% de **Papilionoideae** são espécies lenhosas (Tabela 1) (TUTIN 1958).

Uma pequena parte apenas das espécies foram examinadas a respeito da nodulação (18%), mas já se sabe que nem todas as espécies **Leguminosae** são capazes de formar nódulos e fixar o  $N_2$  do ar. Há uma tendência de menor incidência de espécies noduladas na subfamília **Caesalpinioideae**, mas não há uma divisão clara entre tribos ou mesmo gêneros, havendo nas três subfamílias gêneros com espécies noduladas e não noduladas. Dos gêneros de **Caesalpinioideae** examinados, 40% possuem espécies capazes de fixar nitrogênio, em contraste com 95% de **Papilionoideae** e 84% de **Mimosoideae** (ALLEN & ALLEN 1981).

As espécies da subfamília **Caesalpinioideae**, como pau-brasil (**Caesalpinia echinata**) e pau-ferro (**Caesalpinia ferrea**) ainda não foram encontradas com nódulos, enquanto que as **Mimosoideae** como a sabiá (**Mimosa caesalpiniaefolia**), bracatinga (**Mimosa scabrella**), leucena (**Leucaena leucocephala**), angico (**Anadenanthera macrocarpa**), algaroba (**Prosopis juliflora**), ébano-oriental (**Albizzia lebbek**), e **Papilionoideae** como jacarandá (**Dalbergia nigra**) são frequentemente noduladas. As observações sobre nodulação de espécies lenhosas são mais difíceis de serem feitas e nem sempre são definitivas. Em florestas nativas não é fácil distinguir a árvore cujas raízes apresentam nódulos, e há vários fatores do solo e do ambiente que interferem. Assim, leguminosas arbóreas em solos arenosos (SYLVESTER-BRADLEY et al. 1980; NORRIS 1969) ou em áreas de regeneração de floresta ou beiras de estrada (BONNIER & BRAKEL 1970) apresentam nodulação muito mais abundante que árvores no meio da floresta, onde a constante reciclagem dos minerais não leva à deficiência de nitrogênio.

---

\* Setor de Microbiologia do Solo, SNLCS/EMBRAPA, Km 47 – 23460 Seropédica, RJ.



As Tabelas 2 e 3 tentam resumir os conhecimentos mais recentes a respeito da nodulação dos gêneros e espécies mais comuns no Brasil. Fica evidente, nessas Tabelas, que grande parte das espécies lenhosas de interesse econômico para o Brasil ainda não foi examinada a respeito da nodulação. Como destacado anteriormente (A.A. FRANCO, neste Seminário), há uma maior ou menor especificidade hospedeira na simbiose das diversas espécies da família **Leguminosae**, e a definição das estirpes de **Rhizobium** mais efetivas para cada espécie é imprescindível para o desenvolvimento de inoculantes efetivos (Tabela 4). Muitas das espécies florestais são específicas na simbiose, nodulando apenas com **Rhizobium** de espécies parentes, não havendo, entretanto, divisões bem definidas (CAMPELO 1970; 1976). Os dados da Tabela 5 exemplificam isto, mostrando maior e menor especificidade das espécies, sendo que muitas vezes uma estirpe proporciona boa nodulação e outra, isolada da mesma espécies, não nodula. As causas fisiológicas da especificidade ainda não são conhecidas, mesmo nas espécies herbáceas, que já foram muito melhor estudadas.

Mesmo que na floresta nativa, e em muitos casos também em florestas plantadas, possa ser observada nodulação e fixação de  $N_2$ , parece haver possibilidades de acelerar o estabelecimento das mudas no campo com inoculação de estirpes de **Rhizobium** selecionadas. É prática comum no Brasil adubar mudas florestais com NPK, sendo que a aplicação de N mineral prejudica a formação de nódulos. Mudas de sabiá crescidas em sementeiras adubadas somente com PK, e portanto bem noduladas, mostraram um aumento de pega de 52 para 94% e uma taxa de crescimento, nos primeiros sete meses, duas vezes maior que mudas de sementeiras adubadas com NPK e sem nódulos na hora do transplante (Tabela 6) (DÖBEREINER 1967). A simples inoculação com nódulos mais que dobrou a fixação de nitrogênio em viveiros de bracatinga (Tabela 7) (POGGIANI 1981).

Não se enquadra no propósito deste trabalho salientar as características silviculturais das espécies listadas na Tabela 3, todas elas, de uma forma ou de outra, de utilidade para o Brasil. As características de algumas das leguminosas mais promissoras para obtenção de lenha são resumidas na Tabela 9. Verifica-se que a produção de algumas delas se assemelha à do eucalipto (rendimentos de 40 a 50 m<sup>3</sup>/ha ano contra incremento médio anual em torno de 30m<sup>3</sup>/ha do eucalipto), com valores caloríficos maiores que este (em torno de 5.000 Kcal/kg, contra média de 3.570 em eucalipto). Entre as espécies mais promissoras para a produção de lenha, carvão vegetal e polpa para a indústria de papel (NAS 1980), mais que a metade são leguminosas. Reflorestamentos para produção de madeira de lei podem e deveriam fazer uso da grande variedade de leguminosas que produzem madeiras valiosas como o jacarandá, pau-brasil, pau-ferro e outras. Espécies de grande valor econômico e silvicultural são ainda **Dinizia excelsa** e **Cedrelinga cate-naeformis** (LOUREIRO et al. 1979).

Mas o papel das leguminosas lenhosas não se restringe à produção de madeira, havendo várias utilidades adicionais que o eucalipto não oferece (Tabela 10). Podem fornecer forragem fresca ou feno e complementos protéicos valiosos nas vagens; forragens estas que podem ser manejadas de forma que produzam nas épocas secas e carentes, principalmente no Nordeste. As espécies mais recomendadas para forragem são **Leucaena leucocephala**, **Sesbania grandiflora**, **Gliricidia sepium**, **Mimosa scabrella** e **M. caesalpiniaefolia** (BREWBAKER et al. 1981; DÖBEREINER 1977).

Recentemente, está sendo ainda recomendado o plantio de leguminosas lenhosas como adubação verde (CURRAN 1976). As folhas de várias espécies, como a **Leucaena** e **Sesbania**, podem ser cortadas regularmente e usadas como adubo verde, e o plantio intercalado destas espécies com culturas anuais, como o feijão e o milho, representa um sistema inteiramente novo onde, usando a folhagem como adubação verde ou mulch, até 500 kg N/ha por ano (Tabela 8) podem ser obtidos através da fixação biológica de nitrogênio (GUEVARA 1978; BREWBAKER 1972). Outras espécies promissoras para adubação verde são a **Gliricidia sepium**, **Acacia mearnsii**, **Albizzia** spp., **Calliandra calothyrsus** e **Mimosa scabrella**.

Várias espécies, como por exemplo a bracatinga, perdem grande quantidade de folhas, ricas em nitrogênio, que se decompõem facilmente formando húmus (NAS 1980), contribuindo para o aumento da matéria orgânica e fertilidade do solo mesmo que seja explorada apenas para madeira.

BONNIER & BRAKEL (1969) sugerem que, do ponto de vista ecológico, a fixação simbiótica de nitrogênio em leguminosas é um processo de adaptação para uma situação de balanço de nitrogênio desequilibrado, já que as leguminosas normalmente não estão bem noduladas em ecossistemas naturais equilibrados e nodulam bem em condições de cultivo, onde o nitrogênio é limitante. Espécies de **Acacia** são importantes na recuperação de solos erodidos (CAMPELO 1976) e GOODLAND (1976) sugere que as espécies dos gêneros **Bowdichia**, **Swechia**, **Machaeium**, **Dalbergia**, **Dimorphandra** e **Styphnodendron** podem ser responsáveis pelo balanço positivo de nitrogênio em cerrados e savanas.

## CONCLUSÕES

1. Há inúmeras espécies nativas florestais na família **Leguminosae**.
2. Entre elas há espécies de crescimento equivalente ao do eucalipto, com madeira de qualidade superior.
3. A maioria das espécies florestais estudadas de **Papilionoideae** e **Mimosoideae**, e 40% das de **Caesalpinioideae** formam nódulos e fixam o  $N_2$  do ar.
4. Há muitas espécies importantes cuja capacidade de nodular ainda se desconhece.
5. O plantio de mudas bem noduladas ajuda o rápido estabelecimento e a competição das mudas no campo.
6. Reflorestamento com espécies leguminosas bem noduladas recupera a fertilidade de solos erodidos.
7. Muitas leguminosas fornecem, além de lenha, ainda forragem de vagens e folhagem, que também pode ser usada como adubação verde.



## REFERÊNCIAS

- ALLEN, O.N. & ALLEN, E.K. **The leguminosae a source book of characteristics, uses and nodulation**, 1981. 812p.
- BONNIER, C. & BRAKEL, J. Legumineuse **Rhizobium**. In: GEMBLOUX, J.D. **Lutte biologique contre la faim**. 1969. p. 148.
- BONNIER, C. & BRAKEL, J. Problème spécifique des legumineuses tropicales. In: As leguminosas na Agricultura Tropical. **An. V Reun. Lat. Am. Rhiz.** Rio de Janeiro, 1970. p. 28–51.
- BREWBAKER, J.L.; PLUCKNETT, D.L. & GONZALES, V. Varietal variation and yield trials of **Leucaena leucocephala**. **Hawaii Agric. Exp. Sta. Res. Publ.**, (166) 29p. 1972.
- BREWBAKER, J.L.; VAN DEN BELT, R. & MacDICKEN, K. **Nitrogen-fixing tree resources: potentialities and limitations**. Cali, Colombia, 1981.
- CAMPELO, A.B. **Caracterização e especificidade de *Rhizobium* spp de leguminosas florestais**. Itaguaí, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 1976. Tese mestrado.
- CAMPELO, A.B. & CAMPELO, C.R. Eficiência da inoculação cruzada entre espécies de subfamília Mimosoideae. **Pesq. Agrop. Bras.**, 5:333–7, 1970.
- CURRAN, H. **Giant ipil - ipil, green gold for the tropics**. Mimeographed. 1976.
- DUCKE, A. & BLACK, G.A. Phytogeographical notes on the Brazilian Amazon. **An. Acad. Bras. Ciênc.**, 25:1–46, 1953.
- DÖBEREINER, J. Efeito da inoculação de sementeiras de sabiá (***Mimosa caesalpiniaefolia***) no estabelecimento e desenvolvimento das mudas no campo. **Pesq. Agrop. Bras.**, 2:301–5, 1967.
- DÖBEREINER, J. Potential for nitrogen fixation in tropical legumes and grasses. In: DÖBEREINER, J.; BURRIS, R.H. & HOLLAENDER, A. **Limitations and potentials for biological nitrogen fixation in the tropics**. New York, Academic Press, 1977. p. 13–24.
- DOMMERGUES, Y. Ensuring effective symbiosis in  $N_2$  – fixing trees. “Workshop on Biological Nitrogen Fixation Technology Agriculture”. Cali, Colombia, 1981.
- GOODLAND, R. **McGill Univ. Savana Res. Series**, nº 15. 1970.
- GOI, S.R. & NEVES, M.C.P. Teor de ureídeos, tipo de nódulo e atividade da nitrogenase de



- leguminosas forrageiras, florestais e de grão. **Pesq. Agropec. Bras.**, **17**:43—50, 1981.
- GUEVARA, A.B.; WHITNEY, A.S. & THOMPSON, J.R. Influence of intra-row spacing and cutting regimes on the growth and yield of *Leucaena*. **Agron. J.**, **70**:1033—7, 1978.
- LOUREIRO, A.A.; SILVA, M.F. da & ALENCAR, J.G. **Essências madeireiras da Amazonia**. INPA, 1979. 2v.
- MAGALHÃES, L.M.S.; MAGALHÃES, F.M.M.; OLIVEIRA, L.A. de & DÖBEREINER, J. **Nodulação em leguminosas florestais de terrara firme nativas da região de Manaus**. Mimeografado. 1981.
- NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. **Firewood crops**; shrub and tree species for energy production. Washington, DC, 1980. 237p.
- NORRIS, D.O. Lime in relation to the nodulation of tropical legumes. In: HALLSWORTH, E.G. **Nutrition of the legumes**. New York, Academic Press, 1958. p.164—82.
- NORRIS, D.O. Observations on the nodulation status of rainforest leguminous species in Amazonia and Guyana. **Trop. Agric., Trin.**, **46**:145—51, 1969.
- POGGIANI, F.; SIMÕES, J.W.; MENDES FILHO, J.M.A. & MORAIS, A.N. **Utilização de espécies florestais de rápido crescimento na recuperação de áreas degradadas**. Piracicaba, IPEF, 1981. 25p. (IPEF. Série Técnica, **2**(4) ).
- SYLVESTER-BRADLEY, R.; OLIVEIRA, L.A. de; PODESTÁ-FILHO, J.A. de & ST JOHN, T.V. Nodulation of legumes, nitrogenase activity of roots and occurrence of nitrogen-fixing *Azospirillum* spp in representative soil of Central Amazonia. **Agro-Ecosystems**, **6**:249—66, 1980.
- TUTTIN, T.G. Classification of the legumes. In: HALLSWORTH, E.G. **Nutrition of legumes**. New York, Academic Press, 1958. p.3—14.
- VASCONCELOS, J.I.P. Fixação biológica do nitrogênio em plantas de interesse econômico do Nordeste. **Relatório Técnico Anual**. CNPq/FCPC/UFC, 1980.

**TABELA 1** — Ocorrência de árvores na família **Leguminosae** (TUTIN 1958).

|                                 | Gêneros<br>lenhosos (%) | Espécies<br>lenhosas (%) |
|---------------------------------|-------------------------|--------------------------|
| Subfamílias                     |                         |                          |
| <b>Mimosoideae</b>              | 84                      | 95                       |
| <b>Caesalpinioideae</b>         | 97                      | 97                       |
| <b>Papilionoideae</b>           | 61                      | 38                       |
| Tribos de <b>Papilionoideae</b> |                         |                          |
| <b>Sophoreae</b>                | 97                      | 98                       |
| <b>Podalyrieae</b>              | 88                      | 92                       |
| <b>Dalbergieae</b>              | 100                     | 100                      |
| <b>Phaseoleae</b>               | 32                      | 24                       |
| <b>Galegeae</b>                 | 62                      | 18                       |
| <b>Hedysareae</b>               | 38                      | 17                       |
| <b>Vicieae</b>                  | 0                       | 0                        |
| <b>Loteae</b>                   | 22                      | 4                        |
| <b>Trifoliae</b>                | 25                      | 1                        |
| <b>Genisteae</b>                | 82                      | 67                       |

**TABELA 2** — Ocorrência de nodulação em gêneros florestais de interesse para o Brasil e no total de gêneros conhecidos (ALLEN & ALLEN 1981).

| Gênero | N.º de<br>espécies<br>conhecidas | N.º de espécies<br>observadas |           |
|--------|----------------------------------|-------------------------------|-----------|
|        |                                  | c/nódulos                     | s/nódulos |

|                         |             |    |     |
|-------------------------|-------------|----|-----|
| <b>Caesalpinioideae</b> |             |    |     |
| Apuleia                 | 2           | 0  | 0   |
| Bauhinia                | 550—575     | 1  | 26  |
| Caesalpinia             | 200         | 0  | 14  |
| Cassia                  | 600         | 44 | 55  |
| Copaifera               | 25          | 1  | 1   |
| Cynometra               | 60—70       | 0  | 3   |
| Delonix                 | 3           | 0  | 2   |
| Dialium                 | 70          | 1  | 2   |
| Dimorphandra            | 25          | 1  | 0   |
| Eperua                  | 11          | 1  | 3   |
| Hymenaea                | 25—30       | 1  | 1   |
| Macrolobium             | 50          | 0  | 1   |
| Melanoxylon             | 2           | 0  | 0   |
| Moldenhauera            | 5           | 0  | 0   |
| Mora                    | 10          | 1  | 2   |
| Parkinsonia             | 2—4         | 0  | 2   |
| Peltogyne               | 27          | 0  | 1   |
| Peltophorum             | 15          | 0  | 2   |
| Pterogyne               | 1           | 0  | 1   |
| Schizolobium            | 4—5         | 0  | 1   |
| Sclerobium              | 25—30       | 2  | 0   |
| Tachigalia              | 22          | 0  | 2   |
| Tamarindus              | 1           | 0  | 1   |
| Zollernia               | 8—10        | 0  | 0   |
| Total conhecido         | 2.716—2.816 | 72 | 180 |



(Continuação da Tabela 2)

| Gênero          | N.º de<br>espécies<br>conhecidas | N.º de espécies<br>observadas |           |
|-----------------|----------------------------------|-------------------------------|-----------|
|                 |                                  | c/nódulos                     | s/nódulos |
| Mimosoideae     |                                  |                               |           |
| Acacia          | 800–900                          | 206                           | 11        |
| Adenanthera     | 12                               | 0                             | 3         |
| Albizia         | 150                              | 32                            | 0         |
| Calliandra      | 150                              | 10                            | 3         |
| Cedrelinga      | 1                                | 0                             | 0         |
| Entada          | 30–40                            | 5                             | 0         |
| Enterolobium    | 8–10                             | 2                             | 0         |
| Inga            | 150–300                          | 13                            | 4         |
| Leucaena        | 50                               | 3                             | 0         |
| Mimosa          | 600                              | 22                            | 3         |
| Parkia          | 50–60                            | 4                             | 1         |
| Piptadenia      | 11–15                            | 1                             | 2         |
| Pithecellobium  | 100–200                          | 13                            | 1         |
| Plathymenia     | 3–4                              | 0                             | 0         |
| Prosopis        | 45                               | 6                             | 3         |
| Samanea         | 20                               | 1                             | 0         |
| Stryphnodendron | 15                               | 2                             | 0         |
| Total conhecido | 2.509–2.920                      | 351                           | 37        |

(Continuação da Tabela 2)

| Gênero          | N.º de<br>espécies<br>conhecidas | N.º de espécies<br>observadas |           |
|-----------------|----------------------------------|-------------------------------|-----------|
|                 |                                  | c/nódulos                     | s/nódulos |
| Papilionoideae  |                                  |                               |           |
| Aeschynomene    | 150—200                          | 44                            | 0         |
| Amburana        | 2                                | 0                             | 0         |
| Andira          | 35                               | 1                             | 1         |
| Bowdichia       | 2                                | 0                             | 1         |
| Centrolobium    | 5                                | 0                             | 0         |
| Cyanopsis       | 3—4                              | 3                             | 0         |
| Dalbergia       | 100—300                          | 15                            | 1         |
| Dioclea         | 30—50                            | 2                             | 0         |
| Diplostropis    | 14                               | 0                             | 1         |
| Dipteryx        | 10                               | 0                             | 1         |
| Erythrina       | 108                              | 27                            | 0         |
| Gliricidia      | 6—9                              | 1                             | 0         |
| Lonchocarpus    | 175                              | 11                            | 1         |
| Machaerium      | 150                              | 3                             | 0         |
| Ormosia         | 100—120                          | 5                             | 0         |
| Platycyamus     | 2                                | 0                             | 0         |
| Platypodium     | 2—3                              | 0                             | 0         |
| Poecilanthe     | 7                                | 0                             | 0         |
| Pterocarpus     | 60—70                            | 14                            | 0         |
| Pterodon        | 4                                | 0                             | 0         |
| Vataireopsis    | 3                                | 0                             | 0         |
| Total conhecido | 12.215—12.792                    | 2.416                         | 46        |

42 **TABELA 3** — Observações das nodulações em espécies florestais de interesse para o Brasil.

| Mimosoideae                        | Nome vulgar         | Nodulação<br>e fixação b/<br>de N <sub>2</sub> | Referência                               | Observação  |
|------------------------------------|---------------------|--|--|---|
| <i>Acacia molissima</i>            | Acácia-negra        | NF   | Campelo 1976                             |   |
| <i>Adenanthera pavonina</i>        | Carolina            | O  | Campelo 1976; Allen & Allen 1981         |   |
| <i>A. macrocarpa</i>               | Angico              | NF   | Ribeiro Júnior a/ 1981; Faria 1982a/     |   |
| <i>Albizzia lebbek</i>             | Ébano-oriental      | NF   | Campelo 1976; Ribeiro Junior 1981        |   |
| <i>A. falcata</i>                  | Albícia             | NF   | Allen & Allen 1981; Faria 1982           |   |
| <i>Anadenanthera falcata</i>       | Angico-dos-cerrados | N—   | Ribeiro Júnior 1981                      | Mudou de <b>Piptadenia</b><br>para <b>Anadenanthera</b> |
| <i>A. peregrina</i>                | Angico-de-cortume   | NF   | Campelo 1976                             |   |
| <i>Cedrelinga catenaeformis</i>    | Cedrorama           | NO   | Magalhães 1981                           |   |
| <i>Calliandra calothyrsus</i>      | Calliandra          | N—   | Ribeiro Júnior 1981                      | Outras espécies nodulam<br>e não nodulam                |
| <i>Entata polyphylla</i>           | Entada              | NF   | Campelo 1976                             |   |
| <i>Enterolobium ellipticum</i>     | Vinhático liso      | NF   | Campelo 1976                             |   |
| <i>E. timbouva</i>                 | Tamboril            | N—   | Allen & Allen 1981; Ribeiro Júnior 1981  |   |
| <i>Inga vera</i>                   | Ingá                | NF   | Allen & Allen 1981                       |   |
| <i>Leucaena leucocephala</i>       | Leucena             | NF   | Geral                                    |   |
| <i>L. latisiliqua</i>              | —                   | NF   | Geral                                    |   |
| <i>Mimosa scabrella</i>            | Bracatinga          | NF   | Poggiani 1981; Faria 1982                |   |
| <i>M. caesalpinifolia</i>          | Sabiá               | NF   | Doobereiner 1967                         |   |
| <i>Parkia penduea</i>              | Jueirana-vermelha   | O  | Norris 1969; Faria 1982                  | Outras espécies<br>noduladas                            |
| ( <i>Piptadenia peregrina</i> )    | Angico-de-cortume   | NF   | Campelo 1976                             |   |
| <i>P. pterosperma</i>              | Angico-vermelho     | NF   | Faria 1982                               |   |
| <i>Pithecellobium pedicelara</i>   | Jueirana-branca     | NF   | Faria 1982                               |   |
| <i>P. edwalli</i>                  | Farinha seca        | N—   | Ribeiro Júnior 1981                      |   |
| <i>P. dulce</i>                    | Pitecelóbio         | NF   | Allen & Allen 1981; Campelo 1976         | Muito específico  |
| <i>Plathymenia reticulata</i>      | Vinhático-do-campo  | NF   | Campelo, 1976                            |   |
| <i>Prosopis juliflora</i>          | Algaroba            | NF   | Allen & Allen 1981; Vasconcelos 1981     |   |
| <i>Samanea saman</i>               | Saman               | NF   | Allen & Allen 1981; Goi 1981; Faria 1982 | Pouco específico  |
| <i>Stryphonodendron barbatiman</i> | Barbatimão          | NF   | Campelo 1976                             |   |
| <i>S. polyphyllum</i>              | Barbatimão          | N—   | Ribeiro Júnior 1981                      |   |



| Papilionoideae               | Nome vulgar            | Nodulação<br>e fixação b/<br>de N <sub>2</sub> | Referência                                      | Observação                                      |
|------------------------------|------------------------|--|---|---|
| <i>Aeschynomene</i>          | <i>Aeschynomene</i>    | O  | Campelo 1976                                    |   |
| <i>Amburana cearensis</i>    | —                      | O  | Vasconcelos 1981                                |   |
| <i>Andira frondosa</i>       | Angelim-roxo           | NF   | Faria 1982                                      |   |
| <i>Andira spectabilis</i>    | Angelim-pedra          | NF   | Faria 1982                                      |   |
| <i>Bowdichia virgiliodes</i> | Macanaíba pele de sapo | NF   | Faria 1982                                      | Allen & Allen 1981<br>não encontrou nódulos     |
| <i>Centrolobium robustum</i> | Araribá — Rosa         | NF   | Faria 1982                                      |   |
| <i>C. tomentosum</i>         | Araribá                | N—   | Ribeiro Júnior 1981                             |   |
| <i>Clitoria racemosa</i>     | Sombreiro              | NF   | Allen & Allen 1981; Campelo 1976;<br>Faria 1982 |   |
| <i>Cyclolobium vecchi</i>    | Louveira               | N—   | Ribeiro Júnior 1981                             |   |
| <i>Dalbergia nigra</i>       | Jacarandá-caviuna      | NF   | Faria 1982; Ribeiro Júnior 1981                 |   |
| <i>D. glauscenscens</i>      | Mussutaíba             | NF   | Faria 1982                                      |   |
| <i>D. violacea</i>           | Jacarandá              | NF   | Campelo 1976                                    |   |
| <i>Diptotropis purpurea</i>  | Macanaíba-marreta      | NF   | Faria 1982                                      | Allen & Allen 1981<br>não encontrou nódulos     |
| <i>Dipteryx odorata</i>      | Cumaru                 | O  | Allen & Allen 1981                              |   |
| <i>Erythrina glauca</i>      | Mulungu                | N—   | Allen & Allen 1981                              |   |
| <i>E. reticulata</i>         | Mulungu                | N—   | Allen & Allen 1981                              |   |
| <i>E. speciosa</i>           | Mulungu                | NF   | Campelo 1976                                    |   |
| <i>E. velutina</i>           | Mulungu                | NF   | Allen & Allen 1981; Campelo 1986                |   |
| <i>Gliricidia sepium</i>     |                        | N—   | Allen & Allen 1981                              |   |
| <i>Hymenolobium modestum</i> | Sucupira-pelada        | NO   | Magalhães 1981                                  |   |
| <i>Lonchocarpus discolor</i> | Catinga-de-barrão      | NF   | Allen & Allen 1981; Campelo 1976;<br>Faria 1982 |   |
| <i>Machaerium nictitans</i>  | Bico-de-pato           | NF   | Faria 1982                                      | Espécie não mencionada<br>em Allen & Allen 1981 |
| <i>M. villosum</i>           | Jacarandá-paulista     | N—   | Ribeiro Júnior 1981                             |   |
| <i>Myroxylon balsamum</i>    | Cabreúva               | N—   | Allen & Allen 1981; Ribeiro Júnior 1981         |   |
| <i>Ormosia arborea</i>       | Tento                  | NF   | Faria 1982; Ribeiro Júnior 1981                 |   |
| <i>O. nitida</i>             | Tento-macanaíba        | NF   | Faria 1982                                      |   |
| <i>Platycyamus regnelli</i>  |                        |  | Allen & Allen 1981                              |   |
| <i>Platypodium elegans</i>   | Platipódio             | NF   | Campelo 1976                                    |   |

(Continuação da Tabela 3)

| Papilionoideae               | Nome vulgar      | Nodulação<br>e fixação b/<br>de N <sub>2</sub> | Referência         | Observação |
|------------------------------|------------------|--|--------------------|------------|
| <i>Pterocarpus violaceus</i> | Pau-sangue       | O  | Faria 1982         |            |
| <i>Pterodon pubescens</i>    |                  | —  | Allen & Allen 1981 |            |
| <i>Sesbania marginata</i>    | Sesbania         | NF   | Campelo 1976       |            |
| <i>S. grandiflora</i>        | Sesbania         | NF   | Geral              |            |
| <i>Vataireopsis araroba</i>  | Angelim-amargoso |  |                    |            |

| Caesalpinioideae                | Nome vulgar    | Nodulação<br>e fixação b/<br>de N <sub>2</sub> | Referência                                    | Observação  |
|---------------------------------|----------------|--|---|---|
| <i>Apuleia leiocarpa</i>        | Garapa         | O  | Faria 1982; Ribeiro Júnior 1981               |   |
| <i>Bauhinia forficata</i>       | Unha-de-vaca   | O  | Campelo 1976; Faria 1982                      |   |
| <i>Caesalpinia brasiliensis</i> |                | O  | Allen & Allen 1981                            |   |
| <i>C. echinata</i>              | Pau-brasil     | O  | Geral   |   |
| <i>C. ferrea</i>                | Pau-ferro      | O  | Geral   |   |
| <i>C. peltophoroides</i>        | Sibipiruna     | O  | Campelo 1976; Faria 1982                      |   |
| <i>Cassia ensiformis</i>        | Angico-branco  | O  | Faria 1982                                    |   |
| <i>C. fistula</i>               | Chuva-de-ouro  | O  | Allen & Allen 1981; Campelo 1976; Goi 1981    |   |
| <i>C. grandis</i>               | Cassia-grande  | O  | Allen & Allen 1981; Campelo 1976              |   |
| <i>C. leptophylla</i>           | Cassia         | O  | Campelo 1976                                  |   |
| <i>C. multijuga</i>             | Cassia-aleluia | O  | Geral   |   |
| <i>C. siamea</i>                | Cassia         | O  | Geral   |   |
| <i>Copaifera langsdorfii</i>    | Pau-d'óleo     | O  | Campelo 1976; Faria 1982; Ribeiro Júnior 1981 |   |
| <i>Cynometra cauliflora</i>     |                | O  | Allen & Allen 1981                            |   |
| <i>Delonix regia</i>            | Flambuaiã      | NF   | Vasconcelos 1981                              | Campelo 1976 e Faria 1982, não encontraram nódulos                            |
| <i>Dialium divaricatum</i>      | Jataipeba      | O  | Faria 1982                                    |   |
| <i>D. guianense</i>             | Ingá-ferro     | NF   | Magalhães 1981                                |   |
| <i>Demorphantra exaltata</i>    | Pau-para-tudo  | NF   | Faria 1982                                    |   |
| <i>Eperua bijuga</i>            |                | O  | Allen & Allen 1981                            |   |
| <i>Hymenaea coubaril</i>        | Jatobá         | N—   | Allen & Allen 1981                            | Campelo 1976, não observou nódulos  |
| <i>Macrolobium bifolium</i>     |                | O  | Allen & Allen 1981                            |   |
| <i>Melanoxylon brauna</i>       | Braúna         | NF   | Faria 1982                                    | Allen & Allen 1981 não informa nodulação e Campelo 1976 não encontrou nódulos |
| <i>Moldenhauera floribunda</i>  | Caingá         | NF   | Faria 1982                                    |   |
| <i>Mora excelsa</i>             |                | N—   | Allen & Allen 1981                            |   |



(Continuação da Tabela 3)

| Caesalpinioideae              | Nome vulgar      | Nodulação<br>e fixação b/<br>de N <sub>2</sub> | Referência                                      | Observação |
|-------------------------------|------------------|--|---|------------|
| <i>Parkinsonia aculeata</i>   |                  | O  | Allen & Allen 1981                              |            |
| <i>Peltogyne angustifolia</i> | Roxinho          | O  | Faria 1982                                      |            |
| <i>P. paniculata</i>          | Mulateiro        | O  | Magalhães 1981                                  |            |
| <i>Peltophorum vogelianum</i> | Canafístula      | O  | Campelo 1976; Faria 1982                        |            |
| <i>Pterogyne nitens</i>       | Carne-de-vaca    | O  | Allen & Allen 1981; Faria 1982                  |            |
| <i>Schizolobium parahyba</i>  | Guapuruvu        | O  | Allen & Allen 1981; Campelo 1976;<br>Faria 1982 |            |
| <i>Sclerobium aurem</i>       | Escleróbio       | N—   | Allen & Allen 1981                              |            |
| <i>Swartzia corrugata</i>     | Coração-de-negro | N—   | Magalhães 1981                                  |            |
| <i>S. flaemingii</i>          | Laranjinha       | NF   | Faria 1982                                      |            |
| <i>Tachigalia multijuga</i>   | Ziquita          | NF   | Faria 1982                                      |            |
| <i>Tamarindus indica</i>      | Tamarindo        | O  | Geral   |            |
| <i>Zollernia falcata</i>      | Pitomba preta    | O  | Faria 1982                                      |            |
| <i>Z. ilicifolia</i>          | Orelha-de-onça   | O  | Faria 1982                                      |            |

a/ S.M. de Faria 1982; W.Q. Ribeiro Júnior 1981, informação pessoal.

b/ N — nodulado; F — fixa N<sub>2</sub>; O — ausente; — não examinado

**TABELA 4** — Inoculação cruzada de **Rhizobium** sp. (médias de duas repetições)<sup>a/</sup> (DÖBEREINER 1967)

| Planta inoculada                | Procedência de <b>Rhizobium</b>            | Número de<br>nódulos | Peso de<br>nódulos | Peso seco<br>da planta |
|---------------------------------|--|----------------------|--------------------|------------------------|
| <b>Mimosa caesalpiniaefolia</b> | sem <b>Rhizobium</b>                       | 31                   | 54                 | 2.0                    |
| <b>Mimosa caesalpiniaefolia</b> | <b>M. caesalpiniaefolia</b> (X-2)          | 206                  | 126                | 3.0                    |
| <b>Mimosa caesalpiniaefolia</b> | <b>M. caesalpiniaefolia</b> (X-3)          | 135                  | 149                | 4.3                    |
| <b>Mimosa caesalpiniaefolia</b> | <b>M. caesalpiniaefolia</b> (X-4)          | 132                  | 147                | 5.5                    |
| <b>Mimosa caesalpiniaefolia</b> | <b>Centrosema pubescens</b>                | 27                   | 31                 | 1.5                    |
| <b>Mimosa caesalpiniaefolia</b> | CB-756 (Austrália)                         | 9                    | 22                 | 2.0                    |
| <b>Terramus uncinatus</b>       | <b>M. caesalpiniaefolia</b> (X-1, 2, 3, 4) | 86                   | 45                 | 2.1                    |
| <b>Terramus uncinatus</b>       | sem <b>Rhizobium</b>                       | 165                  | 73                 | 2.5                    |

<sup>a/</sup>Vasos como solo arenoso não esterelizado, adubado com PK e elementos menores.





**TABELA 6** — Efeito da inoculação de sementes ou sementeiras de sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia*) no seu estabelecimento no campo (DÖBEREINER 1967).

|                                 | % covas com plantas vivas | Altura após 7 meses (cm) | Crescimento após o plantio no campo (cm) |
|---------------------------------|---------------------------|--------------------------|--|
| Sementeira com esterco          | 52                        | 40                       | 13                                       |
| Sementeira inoculada            | 94                        | 62                       | 31                                       |
| Semeio direto semente inoculada | 78                        | 28                       | 28                                       |
| d.m.s.                          |                           | 6                        | 6  |

**TABELA 7** — Efeito da inoculação de *Rhizobium* (nódulos da mesma espécie, esmagados) sobre o crescimento de plântulas de *Mimosa scabrella*, aos seis meses de idade (dados médios por planta).

| Tratamento         | Altura (cm) | Peso seco folhas (g) | Peso seco caule (g) | Peso seco raiz (g) | Peso seco total (g) | N.º total folhas (g) | Peso seco dos nódulos (g) |
|--------------------|-------------|----------------------|---------------------|--------------------|---------------------|----------------------|---------------------------|
| inóculo +          |             |                      |                     |                    |                     |                      |                           |
| + NPK (5 : 14 : 3) | 71,06       | 165,6                | 156,7               | 57,1               | 386,0               | 3,45                 | 6,6                       |
| NPK (5 : 14 : 3)   | 62,77       | 111,0                | 104,9               | 29,9               | 245,8               | 1,50                 | 0                         |

Dados adaptados de POGGIANI et al. 1981.

**TABELA 8** — Estimativas de fixação de N<sub>2</sub> em árvores tropicais.

| Espécies                       | Região                 | Kg N <sub>2</sub> /ha/ano | Referência             |
|--------------------------------|------------------------|---------------------------|------------------------|
| <b>Leucaena latisilqua</b>     | Trópico<br>Úmido       | 500                       | Anon. 1977             |
| <b>Acacia mearnsii</b>         | Planaltos<br>Tropicais | 200                       | Orchard and Darby 1956 |
| <b>Casuarina equisetifolia</b> | Zona<br>Árida          | 58                        | Dommergues 1963        |
| <b>Casuarina littoralis</b>    | Trópico<br>Úmido       | 218                       | Silvester 1977         |
| <b>Parasponia</b>              | Trópico<br>Úmido       | 850                       | Trinick 1980           |

Dados adaptados de DOMMERGUES 1981.

**TABELA 9** — Qualidades para lenha de 17 leguminosas tropicais (BREWBAKER et al. 1981).

|                       | Crescimento<br>médio anual<br>(m) | Rendimento<br>de madeira<br>(m <sup>3</sup> /ha/ano) | Valor<br>calórico<br>(Kcal/kg) |
|-----------------------|-----------------------------------|--|--------------------------------|
| <b>Acacia</b>         |                                   |  |                                |
| <b>auriculiformis</b> | 2.6                               | 15   | 4.850                          |
| <b>mangium</b>        | 2.5                               | 30   | —                              |
| <b>mearnsii</b>       | 4 <sup>e</sup>                    | 20 <sup>e</sup>                                      | —                              |
| <b>Acrocarpus</b>     |                                   |  |                                |
| <b>fraxinifolius</b>  | 2.0                               | —  | —                              |
| <b>Albizzia</b>       |                                   |  |                                |
| <b>falcataria</b>     | 5.0                               | 40   | —                              |
| <b>lebbek</b>         | 1.4                               | 5  | 5.200                          |
| <b>Calliandra</b>     |                                   |  |                                |
| <b>callothyrsus</b>   | 6.0                               | 50   | 4.600                          |
| <b>Dalbergia</b>      |                                   |  |                                |
| <b>sissoo</b>         | 2 <sup>e</sup>                    | —  | 5.000                          |
| <b>Enterolobium</b>   |                                   |  |                                |
| <b>cyclocarpum</b>    | 2 <sup>e</sup>                    | 8 <sup>e</sup>                                       | —                              |
| <b>Gliricidia</b>     |                                   |  |                                |
| <b>sepium</b>         | 2.5 <sup>e</sup>                  | 8 <sup>e</sup>                                       | 4.900                          |
| <b>Leucaena</b>       |                                   |  |                                |
| <b>diversifolia</b>   | 4.0 <sup>e</sup>                  | 25 <sup>e</sup>                                      | —                              |
| <b>leucocephala</b>   | 4.5                               | 45   | 4.600                          |
| <b>Mimosa</b>         |                                   |  |                                |
| <b>scabrella</b>      | 4.5                               | —  | —                              |
| <b>Prosopis</b>       |                                   |  |                                |
| <b>pallida</b>        | 2.5 <sup>e</sup>                  | 8 <sup>e</sup>                                       | —                              |
| <b>Samanea</b>        |                                   |  |                                |
| <b>saman</b>          | 4.6                               | 15 <sup>e</sup>                                      | —                              |
| <b>Schizolobium</b>   |                                   |  |                                |
| <b>parahyba</b>       | 1.9                               | 20   | —                              |
| <b>Sesbania</b>       |                                   |  |                                |
| <b>grandiflora</b>    | 3.3                               | 22   | —                              |
| <b>Casuarina</b>      |                                   |  |                                |
| <b>equisetifolia</b>  | 2.1                               | 15   | 5.050                          |

\*e = valores estimados.



**TABELA 10** — Resumo das características de leguminosas arbóreas tropicais (Escala: 1—Bom; 2—Intermediária; 3—Ruim) (BREWBAKER et al. 1981).

|                          | <i>Acacia auriculiformis</i> | <i>Acacia mangium</i> | <i>Acacia mearnsii</i> | <i>Acrocarpus fraxinifolius</i> | <i>Albizia falcataria</i> | <i>Albizia lebbek</i> | <i>Calliandra calothyrsus</i> | <i>Casuarina equisetifolia</i> | <i>Dalbergia sissoo</i> | <i>Enterolobium cyclocarpum</i> | <i>Gliricidia sepium</i> | <i>Leucaena diversifolia</i> | <i>Leucaena leucocephala</i> | <i>Mimosa scabrella</i> | <i>Prosopis pallida</i> | <i>Samanea saman</i> | <i>Schizolobium parahyba</i> | <i>Sesbania grandiflora</i> |
|--------------------------|------------------------------|-----------------------|------------------------|---------------------------------|---------------------------|-----------------------|-------------------------------|--------------------------------|-------------------------|---------------------------------|--------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------|-------------------------|----------------------|------------------------------|-----------------------------|
| <b>Utilização</b>        |                              |                       |                        |                                 |                           |                       |                               |                                |                         |                                 |                          |                              |                              |                         |                         |                      |                              |                             |
| forragem                 | 3                            | 3                     | 2                      | 3                               | 3                         | 1                     | 2                             | 3                              | 2                       | 2                               | 1                        | 1                            | 1                            | 3                       | 1                       | 2                    | 3                            | 1                           |
| lenha                    | 1                            | 2                     | 1                      | —                               | 3                         | 1                     | 1                             | 1                              | 1                       | 2                               | 1                        | 1                            | 1                            | 1                       | 1                       | 2                    | 3                            | 1                           |
| poste                    | 3                            | 2                     | 1                      | —                               | 3                         | 1                     | 3                             | 1                              | 2                       | 3                               | 1                        | 1                            | 1                            | —                       | 3                       | 3                    | —                            | 1                           |
| construção               | 3                            | 1                     | —                      | 1                               | 3                         | 2                     | 3                             | 3                              | 1                       | 1                               | 3                        | 3                            | 3                            | 2                       | 3                       | 1                    | 3                            | 3                           |
| papel                    | 1                            | 1                     | —                      | —                               | 1                         | —                     | 3                             | 2                              | 2                       | 1                               | 3                        | —                            | 1                            | 1                       | 3                       | —                    | 2                            | —                           |
| adubo verde              | 3                            | 3                     | 2                      | 3                               | 2                         | 1                     | 1                             | 3                              | 2                       | 3                               | 1                        | 1                            | 1                            | 1                       | 2                       | 3                    | 3                            | 1                           |
| artesanato               | 3                            | 2                     | —                      | 2                               | 3                         | 1                     | 3                             | 3                              | 1                       | 1                               | 2                        | —                            | —                            | —                       | 1                       | 1                    | 3                            | 3                           |
| alimento                 | 3                            | 3                     | 3                      | 3                               | 3                         | 3                     | 3                             | 3                              | 3                       | 2                               | 2                        | 3                            | 1                            | 2                       | 3                       | 2                    | 3                            | 1                           |
| <b>Adaptação</b>         |                              |                       |                        |                                 |                           |                       |                               |                                |                         |                                 |                          |                              |                              |                         |                         |                      |                              |                             |
| solos ácidos             | 1                            | 1                     | —                      | —                               | —                         | —                     | 2                             | 1                              | —                       | —                               | —                        | 3                            | 3                            | —                       | 3                       | —                    | —                            | 3                           |
| solos frios              | 3                            | 3                     | 1                      | 3                               | 2                         | 1                     | 2                             | 2                              | 1                       | 3                               | 3                        | 2                            | 3                            | 1                       | 3                       | 3                    | 2                            | 3                           |
| seca                     | 2                            | 2                     | 2                      | 3                               | 3                         | 2                     | 2                             | 1                              | 1                       | 1                               | 2                        | 1                            | 1                            | —                       | 1                       | 1                    | 2                            | 2                           |
| precipitação mínima (mm) | 750                          | 750                   | 1.000                  | 1.000                           | 1.500                     | 600                   | 1.000                         | 300                            | 500                     | 700                             | 1.500                    | 600                          | 600                          | —                       | 250                     | 600                  | 750                          | 1.000                       |
| capacidade de rebrota    | 1                            | 1                     | 1                      | —                               | 1                         | 1                     | 1                             | 2                              | 1                       | —                               | 1                        | 1                            | 1                            | —                       | 2                       | —                    | 1                            | 1                           |

## ASSOCIAÇÃO SIMBIÓTICA ENTRE MICROORGANISMOS E ESPÉCIES FLORESTAIS DO NORDESTE

Ilo Vasconcelos\*

A nutrição de elementos imprescindíveis ao crescimento vegetal, especialmente nitrogênio e fósforo, em solos marginais, e as associações simbióticas envolvendo bactérias do gênero **Rhizobium**, fungos formadores de micorrizas vesicular-árbusculares e espécies florestais, notadamente leguminosas, constitui problema do maior interesse científico e econômico do setor agrícola e, em particular, da área florestal.

### NITROGÊNIO E RIZÓBIOS

O nitrogênio é um elemento essencial a todo ser vivo e, com exceção da água, constitui o mais freqüente fator limitante da produção vegetal. O maior teor de N necessário à produção de alimento, fibras e outros produtos procede da atmosfera, via fixação biológica, e da fixação química industrial.

A obtenção de N combinado disponível para as plantas, através das sínteses químicas industriais, requer grande dispêndio de energia, que onera extraordinariamente o processo, sem se falar nas despesas de transporte dos fertilizantes produzidos. A fixação biológica, ao contrário, ocorre em todos os lugares da biosfera onde o consumo de N se faz necessário, e a energia utilizada deriva do sol por intermédio da fotossíntese, dispensando o uso de petróleo e outras reservas fósseis.

A grande limitação no consumo de N decorre da incapacidade da maioria das plantas de usá-lo na forma de  $N_2$ , extremamente abundante na atmosfera, requerendo-o, outrossim, no estado combinado de nitrato ou amônia, escassos na biosfera, particularmente nos solos intensamente cultivados.

O fenômeno da fixação biológica do  $N_2$ , embora largamente disseminado na natureza é, entretanto, privilégio de um número relativamente restrito de tipos de organismos. Responsável, juntamente com a amonificação e a nitrificação, pelo suprimento adequado de N nos ecossistemas naturais em equilíbrio, requer a intervenção do homem quando se pretende utilizar o processo no incremento da produtividade das culturas e a obtenção de substancial aumento da produção de alimentos, madeira, forragem e outros produtos vegetais. Para tanto, torna-se imprescindível a identificação das potencialidades e limitações dos sistemas microorganismos-plantas superiores econômicas fixadoras de  $N_2$ , envolvendo estudos de ecologia, fisiologia e genética relacionados com a fixação.

---

\* Professor da Universidade Federal do Ceará.

São de especial interesse prático e alcance econômico a identificação dos fatores nutricionais limitantes dos sistemas fixadores, particularmente a associação **Rhizobium**-Leguminosas e a obtenção, seleção e emprego de estirpes de microorganismos dotados de especificidade, eficiência fixadora, capacidade competitiva e de persistência no solo.

Muitas espécies de leguminosas florestais de importância econômica no Nordeste exigem inoculação com rizóbios específicos selecionados, e.g., o sabiá (**Mimosa caesalpiniaefolia**), a algaroba (**Prosopis juliflora**), a leucena (**Leucaena leucocephala**) e a jurema-preta (**Mimosa acutispula**). É de maior conveniência, pois, a obtenção, seleção e emprego de estirpes locais.

A capacidade de nodulação por parte das leguminosas é um fenômeno ainda pouco investigado, já que das 13.000 ou mais espécies conhecidas daquela importante família botânica, apenas cerca de 12%, ou sejam aproximadamente 1.560 foram examinadas, contando-se mais de 130 espécies aparentemente desprovidas da faculdade de nodularem em simbiose com bactérias do gênero **Rhizobium**.

Com relação ao Nordeste iniciamos, com apoio do CNPq, um trabalho sistemático, pioneiro, de levantamento da ocorrência de nódulos produzidos por rizóbios e de fungos formadores de endomicorrizas em suas leguminosas arbustiva e arbóreas, nativas ou introduzidas, no sentido de se pesquisar o potencial de fixação biológica do  $N_2$  e a capacidade de utilização de fosfatos naturais na região.

## FÓSFORO E ENDOMICORRIZAS

A inoculação artificial de rizóbios é uma prática agrícola capaz de substituir com vantagens a adubação química nitrogenada, dependendo seu sucesso, entretanto, de diversos fatores edáficos, notadamente os de ordem nutricional, muitas vezes os maiores responsáveis pelo fraco desempenho dos sistemas fixadores. Destaque especial merece o fósforo, elemento essencial à nodulação e a fixação biológica do  $N_2$  (SCHREVEN 1958; ANDREW & ROBINS 1969; DEMETRIO et al. 1972) e nutrientes dos mais carentes, em forma utilizável pelas plantas, nos solos do Ceará, Nordeste e, de resto, de todo o País. Daí o interesse do estudo dos organismos capazes de usar os fosfatos de rocha, como os fungos formadores de endomicorrizas, e que se associam com as plantas fixadoras.

De fato, as micorrizas vesicular-arbusculares podem incrementar significativamente o crescimento de plantas supridas com fontes de fosfatos relativamente insolúveis, e.g., farinha de osso, fosfato tricálcico e apatita (DRAFT & NICOLSON 1966; MURDOCK et al. 1967). Ademais, interações entre inoculação de micorrizas endotróficas, nodulação e uso de fosfato de rocha têm sido objeto de estudos sistemáticos em experimentos de vasos com solos naturais e esterilizados, conduzidos na África, América Central e América do Sul (MOSSE et al. 1976, MOSSE 1977).

O Nordeste do Brasil possui importantes jazidas de fosfatos de rocha, como as de Olinda, Pernambuco e Itatira, Ceará, razão principal do interesse da pesquisa, entre nós, da associação **Rhizobium**-Leguminosas-Endomicorrizas, em interação com fosfatos naturais. Ressalte-se, ainda, que, em alguns solos de cerrado, especialmente se inoculados com micorrizas, fosfatos de



rocha podem constituir uma melhor fonte de fósforo que a forma mais solúvel de fosfato, o monocalcico (MOSSE 1977).

De acordo com GERDERMANN (1964) e MOSSE (1973), aumentos de crescimento, do teor de fósforo e da produtividade das plantas têm sido obtidas pela incorporação de fungos formadores de micorrizas VA, em diversos países, nas mais variadas culturas.

Os fosfatos são relativamente imóveis no solo e presentes em concentrações muito baixas na solução do solo. As plantas micorrizadas e as não micorrizadas utilizam as mesmas fontes de fosfato do solo, não havendo qualquer evidência de que o fungo dissolva formas insolúveis de fósforo. A eficiência da endomicorriza, quanto à absorção do fósforo, estaria relacionada com a enorme capacidade de suas hifas de absorver e transportar os fosfatos do solo, indo apanhá-los a longas distâncias da superfície das raízes, explorando um grande volume de solo.

## OUTROS NUTRIENTES E ENDOMICORRIZAS

A infecção por fungos VA pode, também, incrementar a absorção de outros nutrientes, além do fósforo. Deve-se acrescentar que, embora as publicações pertinentes à utilização por micorrizas de outros elementos que não o P sejam conflitantes (MOSSE 1973), o cobre, necessário à nodulação (HALLSWORTH 1958), está sempre presente em maiores concentrações nas plantas micorrizadas, e a absorção de Zn pela planta é, também, favorecida pela micorriza (GILMORE 1971). FRANCO (1977) admite, por sua vez, ser a deficiência de micronutrientes um dos maiores problemas pertinentes à fertilidade dos solos tropicais, estando a baixa produtividade das culturas, a ausência de resposta aos macronutrientes e a falta de persistência das leguminosas perenes associadas, freqüentemente, à carência de elementos menores, e.g., Mo, Fe, Zn, Cu, B, Co e Mn.

## ÁGUA E ENDOMICORRIZAS

SAFIR et al. (1971) observaram que as endomicorrizas diminuem a resistência ao transporte de água nos sistemas intactos de plantas de soja.

SAFIR et al. (1972) acreditam que, em regiões semi-áridas, as micorrizas VA podem contribuir não somente para a resistência à seca mas, também, para melhorar o desenvolvimento das plantas, aumentando a absorção de fósforo sob condições de escassez de água no solo.

## EFEITO DA FERTILIDADE DO SOLO SOBRE A INFECÇÃO MICORRÍZICA

A infecção por micorriza VA tende a prevalecer nos solos de moderada ou baixa fertilidade, sendo prejudicada pela adição de fósforo solúvel ou pela adubação completa.

Tem-se constatado, também, que elevadas doses de fosfato solúvel reduzem a infecção micorrízica em plantas cultivadas em vasos ou no campo, e que altas concentrações de fosfato

nas plantas parecem torná-las resistentes à infecção.

Sob condições de baixo nível nutricional, pode-se admitir que todas as plantas, que normalmente se associam com endomicorizas, beneficiam-se de tal associação. Caso se aumente progressivamente o nível de nutrientes, particularmente o de fosfato, atinge-se a um ponto em que a taxa de crescimento das plantas micorrizadas e não-micorrizadas se equiparam. A clara determinação deste ponto, para cada espécie de planta, pode constituir informação de considerável importância prática.

## EFEITO DAS ENDOMICORIZAS SOBRE AS DOENÇAS DAS PLANTAS

As ectomicorizas protegem as plantas hospedeiras contra a ação de outros microorganismos mediante diferentes mecanismos defensivos, que incluem a formação de uma manta que envolve suas raízes, produção de substâncias antibióticas, alteração de exsudatos que tornariam as micorizas menos atrativas a zoósporos de fungos patogênicos e modificações da população microbiana da rizosfera, com o favorecimento dos agentes não patogênicos.

Muito pouco são os estudos com micorizas VA neste setor, sendo provável, todavia, que alguns mecanismos propostos para explicar o papel defensivo das ectomicorizas funcionem com respeito às endomicorizas. Por exemplo, a elevada produção de aminoácidos livres, como a arginina, que se acumulam nas referidas micorizas. Por outro lado, a infecção micorrízica tem incrementado a susceptibilidade das plantas às doenças de vírus. Tal efeito é atribuído aos altos níveis de fosfato nas plantas micorrizadas, o que estimularia a multiplicação dos vírus.

## OCORRÊNCIA DAS ENDOMICORIZAS

As micorizas VA estão largamente distribuídas na biosfera — do trópico ao ártico — e presentes em quase todas as plantas cultivadas e nativas, associando-se inclusive com a maioria das essências florestais. Enquanto isto, apenas 3% dos fanerógamos possuem ectomicorizas, especialmente Pináceas e outras famílias de clima temperado. Há casos da ocorrência simultânea de ecto e endomicorizas.

Nas árvores dos trópicos predominam as endomicorizas, havendo casos de adaptações a ambientes particulares, encontrando-se algumas espécies, por exemplo, apenas em florestas. Algumas só colonizam determinadas plantas ou, no mínimo, apresentam hospedeiros preferenciais.

Por seu turno, as plantas apresentam diferentes níveis de dependência da endomicorriza, indo da não-dependência à alta dependência, definida esta como o grau em que a planta depende da infecção para crescer e produzir o máximo, sob determinado nível de fertilidade.

Foi verificado que espécies com poucos ou nenhum pelo absorvente são mais dependentes das micorizas VA, para adequada nutrição fosfatada, que espécies providas de um bem desenvolvido sistema de pelos absorventes, estando, contudo, muito provavelmente envolvidos no problema, outros fatores.



## PREPARAÇÃO DE INÓCULO DE ENDOMICORRIZAS

Ao contrário das bactérias do gênero **Rhizobium** fixadoras do  $N_2$  atmosférico, os fungos produtores de micorrizas VA não foram até agora obtidas em cultura axênica.

Na realidade, são eles mantidos em culturas em vaso, com solo esterilizado, onde se estabelecem mediante a inoculação de determinadas espécies de plantas com suspensões de micélio e esporos cuidadosamente coletados.

Tais culturas são mantidas indefinidamente e usadas como inóculo, constituído de um pouco de solo com raízes micorrizadas e esporos.

A preparação de inóculo de rizóbio, como se sabe, é problema tecnicamente resolvido, já do domínio da produção industrial no Brasil.

## POTENCIALIDADE E APLICAÇÃO PRÁTICA DAS ASSOCIAÇÕES SIMBIÓTICAS MICROORGANISMOS – PLANTAS SUPERIORES

Por tudo que foi abordado acima, com base no conhecimento experimental, pode-se avaliar toda a real potencialidade das associações simbióticas que se estabelecem espontaneamente na natureza ou são provocadas pelo homem envolvendo rizóbios, endomicorrizas e plantas superiores, com destaque para as essências florestais implantadas em solos marginais, sob as condições do trópico semi-árido.

Resultados experimentais até agora obtidos permitem, dentre outros, as seguintes conclusões e aplicações práticas:

- 1 — A inoculação com rizóbios específicos, de elevada eficiência fixadora, adaptados às condições do semi-árido, é medida do maior alcance prático.
- 2 — O crescimento vegetal pode ser estimulado pelo incremento da população de esporos de endomicorrizas ou pela introdução de espécies mais eficazes na tomada de nutrientes. Aumentos no crescimento têm sido obtidos pela inoculação de plantas antes do transplante. Certas árvores inoculadas mediante a colocação de pequenas porções de inóculo diretamente abaixo dos sulcos, nas sementeiras, tiveram muito melhor enraizamento que as não inoculadas. A inoculação artificial com as espécies mais indicadas é prática agrícola muito recomendada.
- 3 — Há associações que formam poucos esporos e as que os produzem em abundância. Cultivando-se uma destas, obtem-se após alguns anos incremento no desenvolvimento de culturas posteriores, particularmente se estas forem altamente dependentes da micorriza.
- 4 — O grau de infecção por micorriza VA no campo pode ser alterado por tratamentos químicos ou práticas culturais; por exemplo, a fumigação com o nematicida 1.2 — dibromo — 3 — cloropropano (DBCP) incrementou a infecção em raízes de algodão, enquanto a



aplicação de aldrin reduziu a infecção e o número de clamidósporos. Com respeito à ação de defensivos sobre a associação Rizóbio-Leguminosas, tem-se observado idêntico fenômeno, isto é, alguns pesticidas favorecem, enquanto outros prejudicam citada simbiose. Atenção, pois, deve ser dada na escolha dos tratamentos.

- 5 — Sabe-se, hoje, que a “intoxicação” do solo que se segue à esterilização pelo calor ou fumação é, em certos casos, um fenômeno ligado à inadequada nutrição decorrente da morte das micorrizas, merecendo o assunto ser reestudado à luz deste conhecimento. Muitos casos da chamada intoxicação edáfica podem ser controlados pela inoculação, após o tratamento, com inóculos cuidadosamente preparados, livres da contaminação de agentes fitopatogênicos.
- 6 — Inóculo pode ser produzido em quantidade e mantido por longo tempo em raízes de plantas cultivadas em vasos ou sementeiras e usado em larga escala para inoculação. O problema da inoculação artificial de endomicorrizas, todavia, só será definitivamente resolvido com a obtenção de culturas axênicas dos fungos como ocorre com os rizóbios, tarefa que requer muita pesquisa e paciência.
- 7 — As associações rizóbios-endomicorrizas na presença de fosfatos de rocha devem ser exploradas intensamente, com vistas à utilização do  $N_2$  atmosférico, ao máximo aproveitamento do fósforo e outros nutrientes escassos nos solos nordestinos e brasileiros, e à minimização ou mesmo eliminação do emprego de fertilizantes nitrogenados e fosfatados, de elevado custo.

## PESQUISAS NO CEARÁ

Com apoio em convênio firmado entre o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico e a Fundação Cearense de Pesquisa e Cultura, entidade vinculada à Universidade Federal do Ceará (CNPq—FCPC—UFC), os professores de Microbiologia Agrícola do Departamento de Engenharia Agrícola e Edafologia do Centro de Ciências Agrárias da UFC iniciaram a implantação, no início de 1980, do Projeto Fixação Biológica do Nitrogênio em Plantas de Interesse Econômico do Nordeste, desdobrado em 3 linhas com os seguintes objetivos específicos:

- a) — levantamento da ocorrência de nódulos fixadores de  $N_2$  e de fungos formadores de endomicorrizas em leguminosas arbustivas e arbóreas de interesse econômico do Nordeste, especialmente do Ceará;
- b) — identificação de fatores nutricionais limitantes da fixação do  $N_2$  em leguminosas de expressão econômica do Nordeste, especialmente do Ceará, e de medidas agrônômicas destinadas a minimizá-los, possibilitando o melhor desempenho da simbiose fixadora, e

- c) — seleção de estirpes e preparo de inoculantes para emprego em leguminosas de importância econômica regional e que requerem rizóbios específicos.

Ao se iniciar o 3.<sup>o</sup> ano de vigência do Convênio, estão em andamento os trabalhos a seguir sumariados, alguns dos quais concluídos:

## 1. LEVANTAMENTO DE RIZÓBIOS E ENDOMICORRIZAS DO CEARÁ

Investigação sobre a ocorrência de nódulos de bactérias do gênero **Rhizobium** e de fungos formadores de endomicorrizas em numerosas espécies de leguminosas arbustivas e arbóreas da maior significação como forrageiras e/ou produtoras de material energético e madeira para diversos fins, como sabiá (**Mimosa caesalpiniaefolia**), leucena (**Leucaena leucocephala**), angico (**Anadenanthera macrocarpa**), jucá (**Caesalpinia ferrea** var. **cearensis**), canafístula-de-boi (**Pithecolobium multiflorum**), algaroba (**Prosopis juliflora**), jurema-preta (**Mimosa acutistipula**), mororó (**Bauhinia** spp.), catigueira (**Caesalpinia bracteosa**) e canafístula-verdadeira (**Cassia fistula**), dentre outras.

As pesquisas são conduzidas em casa-de-vegetação, sendo utilizadas amostras de solo coletadas nas diversas microrregiões homogêneas da região, objetivando informações adicionais relativas à dispersão dos microorganismos simbióticos acima aludidos.

Nas Tabelas 1 a 4, acham-se discriminados os resultados do levantamento que envolve cerca de 40 espécies de leguminosas arbóreas e arbustivas, cultivadas em solo do litoral (Fortaleza). O levantamento prossegue com numerosas espécies inoculadas com solo de terreno cultivado ou coberto com vegetação espontânea, coletado nas mais diferentes localidades do território do Estado do Ceará, abrangendo o litoral, sertão e serras.

Nas 40 espécies examinadas, cultivadas em solo de Fortaleza, observou-se elevada incidência de infecção micorrízica, da ordem de 77,5%, enquanto o percentual de plantas noduladas por bactérias do gênero **Rhizobium** foi apenas de 42,5%.

Vale assinalar que a freqüente associação de bactérias fixadoras do gênero **Rhizobium** e fungos produtores de micorrizas VA em numerosas espécies de plantas (Tabela 1), constitui fator relevante para seu crescimento nas condições de carência de nitrogênio, fósforo solúvel e outros minerais, tão comuns nos solos do Ceará e do Nordeste.

## 2. BANCO DE INÓCULOS DE ENDOMICORRIZAS

Foi procedida a introdução, pelo Prof. Rogério Tavares de Almeida, de espécies de fungos formadores de endomicorrizas procedentes do Laboratório de Microbiologia do Solo de Dakar, Senegal, constituindo-se o primeiro banco de inóculos de tais organismos no Nordeste, providência da maior importância para os estudos de interação abrangendo leguminosas, bactérias fixadoras do N<sub>2</sub> atmosférico e fosfatos de rocha.

Estão sendo multiplicados em solo arenoso de Fortaleza cultivado com **Stylosanthes**



**humilis** e **Clitoria ternatea**, sob condições de casa-de-vegetação, as espécies **Glomus mossae**, **G. epigeus**, **G. macrocarpus**, **G. fasciculatus**, **Acaulospora laevis** e **Gigaspora margarita**.

### 3. COLEÇÃO DE ESTIRPES DE RIZÓBIOS

O Laboratório de Microbiologia do Solo do Departamento de Engenharia Agrícola e Edafologia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará mantém uma coleção de estirpes de bactérias do gênero **Rhizobium** que atinge, presentemente, 300 isolamentos obtidos diretamente de nódulos de raízes de leguminosas, notadamente arbóreas e arbustivas, colhidas no território do Ceará e inoculadas com solos de diferentes microrregiões do referido Estado. A seguir são discriminadas as estirpes obtidas apenas das espécies arbustivas e arbóreas.

| Leguminosa   | Subfam. | Estirpes locais | Estirpes exóticas |
|--|---------|-----------------|-------------------|
| 1. <b>Mimosa caesalpiniaefolia</b> — Sabiá                 | M       | 38              | 5                 |
| 2. <b>Leucaena leucocephala</b> — Leucena                  | M       | 63              | 4                 |
| 3. <b>Prosopis juliflora</b> — Algaroba                    | M       | 39              | —                 |
| 4. <b>Mimosa acutistipula</b> — Jurema-preta               | M       | 14              | —                 |
| 5. <b>Pithecolobium multiflorum</b> — Canafístula-de-boi   | M       | 13              | —                 |
| 6. <b>Piptadenia stipulacea</b> — Jurema-branca            | M       | 3               | —                 |
| 7. <b>Pithecolobium cauliflorum</b> — Canafístula-de-lagoa | M       | 5               | —                 |
| 8. <b>Desmanthus virgatus</b> — Jureminha                  | M       | 10              | —                 |
| 9. <b>Albizzia lebbek</b> — Ébano oriental                 | M       | 1               | —                 |
| 10. <b>Anadenanthera macrocarpa</b> — Angico-branco        | M       | 6               | —                 |
| 11. <b>Mimosa malacocentra</b> — Calumbi                   | M       | 3               | —                 |
| 12. <b>Pithecellobium dulce</b> — Groselha                 | M       | 4               | —                 |
| 13. <b>Lonchocarpus sericeus</b> — Ingazeira               | P       | 5               | —                 |

### 4. SELEÇÃO DE ESTIRPES DE **Rhizobium** sp. ISOLADAS DE SABIÁ (**Mimosa caesalpiniaefolia**)

Foram postas em competição treze estirpes de bactérias do gênero **Rhizobium** — oito locais e cinco exóticas, procedentes do Laboratório de Microbiologia do Solo da EMBRAPA, RJ — em confronto com a população nativa, que funcionou como testemunha.

A análise estatística dos dados obtidos, em especial do peso seco e N total das plantas, revelou diferenças significativas entre **testemunha** x **estirpes** e **entre estirpes**, destacando-se como muito promissoras três “strains” locais que competiram em pé de igualdade com as melhores estirpes exóticas.



Estes resultados mostram claramente a conveniência da seleção de estirpes locais e a inoculação artificial do sabiá.

## 5. SELEÇÃO DE FUNGOS FORMADORES DE ENDOMICORRIZAS

Testes com as seis espécies de fungos formadores de micorrizas VA, que constituem o banco de inóculos do setor de Microbiologia do Solo do CCA/UFC, estão sendo conduzidos, sob condições de casa-de-vegetação, para estudo de seu comportamento em associação com sabiá (**Mimosa caesalpiniaefolia**), algaroba (**Prosopis juliflora**), leucena (**Leucaena leucocephala**) e feijão-de-corda (**Vigna sinensis**).

Com relação à esta última, ficou evidenciado o papel estimulante dos fungos sobre o desenvolvimento das plantas, avaliado pelo peso seco de sua parte aérea, não se observando, todavia, qualquer superioridade estatisticamente significativa de uma espécie de fungo sobre outra.

## 6. FATORES NUTRICIONAIS LIMITANTES DA FIXAÇÃO BIOLÓGICA DO $N_2$

Ensaio com leucena, **Stylosanthes hamata** e **Clitoria ternatea** (cunhã), para estudo do efeito de macro e micronutrientes sobre a fixação biológica do  $N_2$  atmosférico, mostraram a relevância do fósforo, como o principal nutriente responsável pela limitação do funcionamento do sistema **Rhizobium**-Leguminosas, no aproveitamento do  $N_2$  atmosférico.

Estes resultados acentuam a importância das associações simbióticas envolvendo fungos formadores de endomicorrizas.

Outros ensaios com feijão-de-corda e sabiá, em solos esterilizados e não esterilizados, inoculados com rizóbio e fungos formadores de endomicorrizas e adubadas ou não com fosfato de rocha estão em fase de conclusão.

## ASSOCIAÇÕES SIMBIÓTICAS ENTRE MICROORGANISMOS E ESPÉCIES ARBÓREAS NÃO-LEGUMINOSAS

A associação simbiótica entre espécies arbóreas não-leguminosas e microorganismos, notadamente fungos formadores de micorrizas VA, constitui um campo de estudo em aberto e dos mais promissores. Um exemplo sugestivo é o apresentado pela **Casuarina equisetifolia**, árvore de ocorrência entre nós, indicada para arborização de zonas secas e áridas, inclusive para fixação de dunas, e que se associa com endomicorrizas e actinomicetos do gênero **Frankia**, fixadores do  $N_2$  atmosférico, conforme foi constatado em ensaios realizados em Fortaleza.

## PREPARAÇÃO DE MUDAS PARA REFLORESTAMENTO

Consideramos um ponto da maior importância prática, quanto à associação entre microorganismos e essências florestais, a preparação de mudas devidamente inoculadas com rizóbios e outros fixadores biológicos do  $N_2$  e fungos formadores de micorrizas VA, objetivando o seu melhor estabelecimento nas severas condições climáticas e edáficas do trópico semi-árido, com a minimização ou mesmo dispensa da adubação mineral nitrogenada e com P solúvel.

**TABELA 1** — Leguminosas arbóreas e arbustivas do Ceará portadoras simultaneamente de nódulos eficientes produzidos por bactérias do gênero **Rhizobium** e endomycorrizas, cultivadas em solo de Fortaleza.  
Fortaleza, Ceará, Brasil, 1980/81.

| Leguminosas                                 |                        | Sub-fam. | Porte    |
|---|------------------------|----------|----------|
| <b>Albizzia lebbek</b> (L.) Benth.          | — Ébano oriental       | M        | Arvoreta |
| <b>Delonix regia</b> (Boj.) Ref.            | — Flamboyant           | C        | Árvore   |
| <b>Desmanthus virgatus</b> Willd.           | — Jureminha            | M        | Arbusto  |
| <b>Indigofera suffruticosa</b> Mill         | — Anil                 | P        | Arbusto  |
| <b>Leucaena leucocephala</b> (Lam.) de Wit  | — Leucena              | M        | Arvoreta |
| <b>Lonchocarpus sericeus</b> H.B.K.         | — Ingazeira            | P        | Árvore   |
| <b>Mimosa acutistipula</b> Benth.           | — Jurema-preta         | M        | Arvoreta |
| <b>M. caesalpiniaefolia</b> Benth.          | — Sabiá                | M        | Arvoreta |
| <b>Piptadenia stipulacea</b> (Benth.) Ducke | — Jurema-branca        | M        | Arvoreta |
| <b>Pithecolobium cauliflorum</b> Benth.     | — Canafístula-de-lagoa | M        | Arbusto  |
| <b>Pithecolobium multiflorum</b> Benth.     | — Canafístula-de-boi   | M        | Árvore   |
| <b>Pithecellobium dulce</b> Benth.          | — Groselha             | M        | Árvore   |
| <b>Prosopis juliflora</b>                   | — Algaroba             | M        | Árvore   |

**TABELA 2** — Leguminosas arbóreas e arbustivas do Ceará com endomicorizas e sem nódulos, cultivadas em solo de Fortaleza.  
Fortaleza, Ceará, Brasil, 1980/81.

| Leguminosa                                   |                                 | Sub-<br>fam. | Porte      |
|--|---------------------------------|--------------|------------|
| <b>Adenanthera pavonina</b>                  | — Carolina                      | M            | Árvore     |
| <b>Bauhinia heterandra</b> Benth.            | — Capa-bode ou<br>Mororó-branco | C            | Arbusto    |
| <b>B. macrostachya</b> Benth.                | — Mororó-sem-espinho            | C            | Arvoreta   |
| <b>Calliandra surinamensis</b> Benth.        | — Calianandra                   | M            | Arbusto    |
| <b>Cassia grandis</b> L.                     | — Canafístula                   | C            | Árvore     |
| <b>C. fistula</b> L.                         | — Canafístula<br>verdadeira     | C            | Árvore     |
| <b>C. multijuga</b> Rich.                    | — Acácia                        | C            | Arvoreta   |
| <b>C. pudibunda</b> Mart.                    | —                               | C            | Subarbusto |
| <b>C. siamea</b> Lam.                        | —                               | C            | Árvore     |
| <b>C. sericea</b> Sw.                        | — Mata-pasto-peludo             | C            | Árbusto    |
| <b>C. splendens</b> Vog.                     | — Besouro                       | C            | Arbusto    |
| <b>C. tora</b> L.                            | — Mata-pasto                    | C            | Arbusto    |
| <b>Caesalpinia bracteosa</b> Tul.            | — Catingueira                   | C            | Arvoreta   |
| <b>C. ferrea</b> var. <b>cearensis</b> Hub.  | — Jucá                          | C            | Arvoreta   |
| <b>Enterolobium contortisiliquum</b> Morong. | — Timbaúba                      | M            | Árvore     |
| <b>Mimosa rodostachya</b> Benth.             | —                               | M            | Arbusto    |
| <b>Parkinsonia aculeata</b> L.               | — Turco                         | C            | Arbusto    |
| <b>Tamarindus indica</b> L.                  | — Tamarindo                     | C            | Árvore     |



**TABELA 3** — Leguminosas arbóreas e arbustivas do Ceará portadoras de nódulos eficientes e sem endomicorrizas, cultivadas em solo de Fortaleza.  
Fortaleza, Ceará, Brasil, 1980/81.

| Leguminosa                                      |                  | Sub-fam. | Porte      |
|---|------------------|----------|------------|
| <b>Anadenanthera macrocarpa</b> (Benth.) Brenan | — Angico         | M        | Árvore     |
| <b>Crotalaria retusa</b> L.                     | — Amendoim-bravo | P        | Subarbusto |
| <b>Mimosa malacocentra</b> Mart.                | — Calumbi        | M        | Árvoreta   |
| <b>Piptadenia viridifolia</b> (Kunth.) Benth.   | — Surucucu       | M        | Árvore     |

**TABELA 4** — Leguminosas arbóreas e arbustivas do Ceará sem nódulos e endomicorrizas, cultivadas em solo de Fortaleza.  
Fortaleza, Ceará, Brasil, 1980/81.

| Leguminosa                                      |                   | Sub-fam. | Porte   |
|---|-------------------|----------|---------|
| <b>Amburana cearensis</b> (Fr. All.) AC. Smith. | — Cumaru          | P        | Árvore  |
| <b>Cassia occidentalis</b> L.                   | — Fedegoso        | C        | Arbusto |
| <b>Parkia platycephala</b> Benth.               | — Visgueiro       | M        | Árvore  |
| <b>Pithecolobium samam</b> Jacq. var.           | — Bordão-de-velho | M        | Árvore  |
| <b>acutifolium</b> Benth.                       |                   |          |         |
| <b>P. trapezifolium</b> (Vahl.) Benth.          | — Ingarana        | M        | Árvore  |

## LITERATURA CONSULTADA

ANDREW, C.S. & ROBINS, M.F. **Austral. J. Agric. Res.**, **20**:665, 1969.

DAFT, M.J. & NICOLSON, T.H. Effect of endogone mycorrhiza on plant growth. **New Phytol.**, **65**:343–50, 1966.

DEMÉTRIO, J.L.; ELLIS, R. & PAULSEN, G.M. **Agron. J.**, **64**:566, 1972.

FRANCO, A.A. Micronutrient requirements of legume — **Rhizobium** symbiosis in the tropics. Int. Symp. on the limitations and pot. of biological nitrogen fixation in the tropics. Brasília. 1977.

GERDEMANN, J.W. The effect of mycorrhiza on the growth of maize. **Mycologia**, **56**:342–9, 1964.

GILMORE, A.E. The influence of endotrofic mycorrhiza on the growth of peach seedlings. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.**, **96**:35–8, 1971.

HALLSWORTH, E.G. In: ———. **Nutrition of the legumes**. London, Butterworths, 1958.

MOSSE, B. Advances in the study of vesicular-arbuscular mycorrhiza. **Ann. Rev. Phytopath.**, **11**:171–96, 1973.

MOSSE, B. The role of mycorrhiza in legume nutrition on marginal soil. In: Exploiting the legume — **Rhizobium** symbioses in tropical agriculture. Ed. by Vincent, Whitney & Bose. Hawaii, Niftal, 1977. p. 275–92.

MOSSE, B.; POWELL, C.L. & HYMANN, D.S. Plant growth and response to vesicular-arbuscular mycorrhiza. IX. Interactions between VA mycorrhiza, rock phosphate and symbiotic nitrogen fixation. **New Phytol.**, **76**:331–42, 1976.

MURDOCK, C.L.; JACOBS, J.A. & GERDEMANN, J.W. Utilization of phosphorus sources of different availability by mycorrhizal and non-mycorrhizal maize. **Plant and Soil**, **27**:329–34, 1967.

SAFIR, G.R.; BOYER, J.S. & GERDEMANN, J.W. Mycorrhizal enhancement of water transport in soybean. **Science**, **172**:581–3, 1971.

SAFIR, G.R.; BOYER, J.S. & GERDEMANN, J.W. Nutrient status and mycorrhizal enhancement of water transport in soybean. **Plant Physiol.**, **49**:700–3, 1972.

SCHEREVEN, D.A. van. Some factors affecting the uptake of nitrogen of the legumes. In: HALLSWORTH, E.G. **Nutrition of the legumes**. London, Butterworths, 1958.

# ASSOCIAÇÕES MICORRÍZICAS EM ÁRVORES FLORESTAIS

Tasso Léo Krüger\*

## 1. O QUE É MICORRIZA

Micorriza (fungo + raiz) é uma associação simbiótica entre as raízes finas, não lenhosas, que fazem a absorção de água e nutrientes, e fungos altamente especializados de raízes. Cada componente da associação depende do outro para o seu desenvolvimento. O fungo se utiliza de substâncias sintetizadas pela planta, como açúcares, amino-ácidos, etc., propiciando, em contrapartida, uma maior absorção de nutrientes minerais do solo, além de outros benefícios que serão vistos mais adiante.

## 2. CLASSIFICAÇÃO DAS MICORRIZAS, OCORRÊNCIA NATURAL, HOSPEDEIROS E FUNGOS FORMADORES

Existem dois tipos básicos de micorrizas: as ectomicorrizas e as endomicorrizas. Morfológicamente, uma ectomicorriza se diferencia de uma endomicorriza por apresentar crescimento intercelular das hifas do fungo no córtex das raízes, ao passo que nas endomicorrizas o crescimento se dá dentro das células do córtex. Além do crescimento intercelular das hifas, formando a chamada “rede de Hartig”, as ectomicorrizas formam externamente, na superfície da raiz, uma manta micelial, de espessura variada, o que não ocorre nas endomicorrizas. Outra diferença morfológica entre os dois tipos de micorrizas está no fato de as ectomicorrizas comumente modificarem o hábito de crescimento das raízes laterais curtas, que se bifurcam e se ramificam em diferentes intensidades. Nas endomicorrizas não se verificam alterações no crescimento das raízes, o que dificulta a sua detecção visual.

As ectomicorrizas ocorrem naturalmente em muitas árvores florestais importantes, em diferentes partes da terra, principalmente no hemisfério norte. Muitos membros da família **Pinaceae**, entre as ginospermas, e certas espécies de angiospermas (pecã, carvalho, eucalipto, etc.) formam naturalmente este tipo de micorriza. Algumas destas árvores podem formar tanto ecto como endomicorrizas, dependendo das condições do solo. As espécies de **Pinus** só formam ectomicorrizas, enquanto que as espécies de **Eucalyptus** podem formar os dois tipos.

A maioria dos fungos que formam ectomicorrizas com árvores florestais são basidiomicetos, os quais produzem, com frequência, corpos de frutificação, chamados vulgarmente de

---

\* Professor Livre-Docente - Departamento de Fitopatologia da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” — USP, Piracicaba, SP.



cogumelos. Alguns ascomicetos podem também formar ectomicorrizas, como as trufas (**Tuber** spp.), mas sua distribuição geográfica é bem restrita.

No Brasil, várias espécies de basidiomicetos têm sido observadas ocorrendo naturalmente em viveiros e povoamentos de **Pinus** e **Eucalyptus**, embora não sejam indígenas no nosso País. Tendo sido introduzidas, consciente ou inconscientemente, provenientes de suas regiões de origem (América do Norte, América Central, Europa etc.), estabeleceram-se e se disseminaram em diferentes partes do País onde se cultivam estas espécies florestais. **Thelephora terrestris**, espécies de **Rhizopogon**, **Suillus granulatus** e espécies de **Scleroderma** ocorrem com frequência no Brasil, associadas ao gênero **Pinus**, enquanto que **Pisolithus tinctorius** e espécies de **Scleroderma** são os fungos mais frequentemente encontrados, em nossas condições, em associação com as espécies de **Eucalyptus**.

As endomicorrizas são encontradas na grande maioria das culturas agrônômicas e forrageiras, em frutíferas, ornamentais e também em muitas espécies florestais. As espécies vegetais componentes dos ecossistemas naturais brasileiros, como a vegetação dos cerrados e das matas (Floresta Amazônica, Mata Atlântica) são essencialmente endomicorrízicas, inclusive o pinheiro-do-paraná, **Araucaria angustifolia**.

Os fungos formadores das endomicorrizas apresentam ampla distribuição geográfica na face da terra, sendo encontrados em praticamente todas as áreas em que ocorre vegetação, associados às plantas hospedeiras ou na forma de esporos dormentes no solo. Pertencem, em sua maioria, à família **Endogonaceae**, classe dos ficomicetos, e crescem como parasitas obrigados. Não produzem corpos de frutificação grandes, acima do nível do solo, como os basidiomicetos formadores das ectomicorrizas. Várias espécies produzem esporos grandes, dentro ou fora das raízes, muitas podendo também formar vesículas, de parede fina, circulares ou ovaladas, nas células do hospedeiro e ainda estruturas especializadas em absorção, tipo haustórios, chamados arbúsculos. Daí a denominação "vesicular-arbuscular" (VA) para os endomicorrizas em que são formadas estas estruturas. Baseado nos poucos estudos ainda conduzidos com endomicorrizas, de um modo geral as espécies de fungos formadores de endomicorrizas apresentam uma ampla gama de hospedeiros, uma mesma espécie formando micorriza com plantas bastante diversas taxonomicamente. Existem relativamente poucas espécies descritas, pertencentes a apenas 4 gêneros: **Glomus**, **Acaulospora**, **Gigaspora** e **Sclerocystis**.

### 3. EFEITOS BENÉFICOS DAS MICORRIZAS

É bem conhecido o fato de que plantas com micorrizas se desenvolvem melhor do que plantas sem micorrizas, especialmente sob condições adversas, como em solos de baixa fertilidade. Para muitas plantas, a dependência em relação às micorrizas é tão grande que estas plantas não crescem e não sobrevivem na ausência desta associação. É o que acontece com as espécies de **Pinus**, para as quais já se verificaram em várias oportunidades, inclusive no Brasil, perdas de plantios inteiros por falta de adequada formação de micorrizas nas mudas plantadas.

Os efeitos benéficos das micorrizas podem ser devidos a:

- a) maior absorção de nutrientes e água do solo, e consequentemente, maior reciclagem de nutrientes;
- b) proteção das raízes contra o ataque de patógenos presentes no solo; e
- c) maior tolerância a condições adversas de solo, como seca, altas temperaturas, presença de substâncias tóxicas (inorgânicas e orgânicas), e extremos de acidez.

A maior absorção de nutrientes e água pelas micorrizas, em relação às raízes sem os fungos micorrízicos, pode ser explicada por:

- a) maior superfície de absorção que se forma, como prolongamento das raízes, devido ao crescimento das hifas e cordões miceliais do fungo micorrízico. Estas estruturas se estendem no solo a distâncias variadas, explorando eficientemente um maior volume de solo; e
- b) maior longevidade das micorrizas em relação às raízes sem infecção micorrízica. A maior longevidade das micorrizas possibilita uma remoção maior de elementos de baixa difusibilidade no solo, como os íons fosfato, que podem chegar à planta provenientes de maiores distâncias no solo.

A proteção contra patógenos pode, por sua vez, ser dada pelos seguintes mecanismos:

- a) produção de antibióticos pelos fungos micorrízicos;
- b) formação de uma barreira mecânica criada pela manta micelial que envolve a raiz, no caso das ectomicorrizas;
- c) produção de compostos inibidores aos patógenos pelo hospedeiro;
- d) estabelecimento, na rizosfera, de uma população microbiana antagônica aos patógenos; e
- e) mudança na composição dos exsudatos das raízes, reduzindo a sua atratividade aos patógenos.

#### 4. O APROVEITAMENTO DAS MICORRIZAS NA PRÁTICA FLORESTAL

Os insucessos de programas de florestamento ou reflorestamento, principalmente com espécies de **Pinus**, plantadas como exóticas em regiões tropicais da Terra, mostraram que as mudas plantadas no campo não sobrevivem ou não crescem normalmente se não estiverem com adequado desenvolvimento de micorrizas por ocasião do plantio. Ficou demonstrado que, paralelamente à introdução da espécie florestal, há a necessidade de se introduzir os seus fungos micorrízicos, os quais não ocorrem naturalmente nestas áreas. Este fato foi por nós confirmado experimentalmente, em trabalho recente com **Pinus caribaea** var. **bahamensis**, no litoral sul da Bahia, envolvendo tratamentos com dois fungos ectomicorrízicos, **Pisolithus tinctorius** e **Thelephora terrestris**, e com fertilização mineral. A ausência de micorrizas nas mudas, por ocasião do plantio, levou a acentuada queda de sobrevivência das mudas no campo, principalmente no primeiro ano de crescimento (Tabela 1). A taxa de mortalidade das mudas caiu a partir do segundo ano, provavelmente devido à ocorrência de infestação natural que ocorreu nas parcelas originalmente sem



micorrizas, a partir de inóculo proveniente das parcelas com tratamentos micorrízicos ou de outros ensaios instalados nas proximidades. Da mesma forma, o crescimento das mudas foi significativamente prejudicado pela falta inicial de micorrizas, conforme indicaram os dados de altura (Figura 1) e de diâmetro do colo (Figura 2) das plantas. Considerando somente as parcelas não fertilizadas, a inoculação com **P. tinctorius** e **T. terrestris** determinou acréscimo em relação à testemunha não inoculada de 56 e 75%, respectivamente, para o crescimento em altura, e de 53 e 54%, respectivamente, para o crescimento em diâmetro. Já nas parcelas fertilizadas, os efeitos da inoculação foram bem mais pronunciados, principalmente para as mudas com **P. tinctorius** que tiveram acréscimos de crescimento em altura e diâmetro da ordem de 148 e 117%, respectivamente, contra acréscimos dados por **T. terrestris** da ordem de 76 e 61%, respectivamente para altura e diâmetro. Tais respostas poderiam ser muito mais marcantes se não tivesse ocorrido infestação natural nas parcelas testemunhas que, ao final do primeiro ano de crescimento, apresentavam as mudas sobreviventes já micorrizadas.

Os resultados desta pesquisa, bem como de outras observações feitas em diferentes partes do mundo, revelam também que mesmo em áreas já com ocorrência natural dos fungos ectomicorrízicos, deve-se ter a preocupação de levar para o campo as mudas já devidamente micorrizadas, principalmente em "sites" adversos. Nestes locais, poderá ocorrer mortalidade significativa, antes que as mudas venham a se tornar adequadamente micorrizadas. Além disso, a perda inicial de crescimento das mudas sobreviventes, devido a ausência inicial das micorrizas, poderá ser crítica no rendimento final do povoamento.

Outro aspecto importante no manejo dos fungos micorrízicos, verificado também nos nossos estudos, é o fato de que, para determinadas condições ambientes, as micorrizas formadas por certas espécies de fungos são mais benéficas para uma determinada espécie florestal do que as formadas por outras espécies de fungos. Para o caso do **P. caribaea** var. **bahamensis**, no local estudado, o fungo **P. tinctorius** mostrou significativa superioridade em relação a **T. terrestris** nas parcelas fertilizadas, o que não ocorreu nas parcelas não fertilizadas (Figuras 1 e 2). Outros ensaios conduzidos em Brotas, SP, com **P. caribaea** var. **hondurensis** e **P. oocarpa**, não mostraram, por sua vez, diferenças significativas entre estes dois fungos, após o segundo ano de crescimento no campo.

A variação no efeito benéfico das micorrizas, em função das espécies dos fungos formadores, abre campo para outro tipo de estudo que é a seleção das espécies de fungos mais adequadas para os diferentes tipos de "sites", para diferentes espécies florestais. Aliás, estudos conduzidos nos Estados Unidos da América pela equipe do Dr. Donald H. Marx têm revelado uma superioridade do fungo **P. tinctorius** em relação a outros fungos no aumento da sobrevivência e crescimento de espécies de **Pinus** plantadas em áreas marginais de mineração de carvão e caulim.

A obtenção de mudas com fungos específicos mais benéficos seria, por sua vez, atingida com maior eficiência através de inoculação das mudas no viveiro, pela infestação do solo com o inóculo puro, produzido em laboratório, dos organismos selecionados. Infelizmente, poucos são os fungos ectomicorrízicos que permitem terem seu inóculo produzido artificialmente, como são os casos de **P. tinctorius** e **T. terrestris**. Os basidiomicetos formadores de micorrizas apresentam, em geral, crescimento pobre em meios artificiais, limitando a produção em larga escala de seu inóculo. Muitos deles, por sua vez, não chegam a crescer em meio de cultura.



**TABELA 1** — Sobrevivência (%) de mudas de *Pinus caribaea* var. *bahamensis* sob o efeito dos fungos micorrízicos *Pisolithus tinctorius* e *Thelephora terrestris*, fertilizadas ou não com adubo mineral, durante o período de 24 meses após o plantio. Os dados são médias de 4 repetições (parcelas), cada uma com 25 plantas originalmente.

| TRATAMENTO<br>MICORRÍZICO    | PERÍODO DECORRIDO APÓS O PLANTIO |          |          |
|------------------------------|----------------------------------|----------|----------|
|                              | 6 meses                          | 12 meses | 24 meses |
| SEM FERTILIZAÇÃO             |                                  |          |          |
| Testemunha*                  | 88 a                             | 65 a     | 52 a     |
| <b>Thelephora terrestris</b> | 96 a                             | 92 b     | 92 b     |
| <b>Pisolithus tinctorius</b> | 96 a                             | 96 b     | 93 b     |
| COM FERTILIZAÇÃO**           |                                  |          |          |
| Testemunha*                  | 88 a                             | 83 a     | 82 a     |
| <b>Thelephora terrestris</b> | 96 a                             | 93 a     | 93 a     |
| <b>Pisolithus tinctorius</b> | 100 a                            | 97 a     | 97 a     |

\* Testemunha = mudas originalmente sem micorrizas.

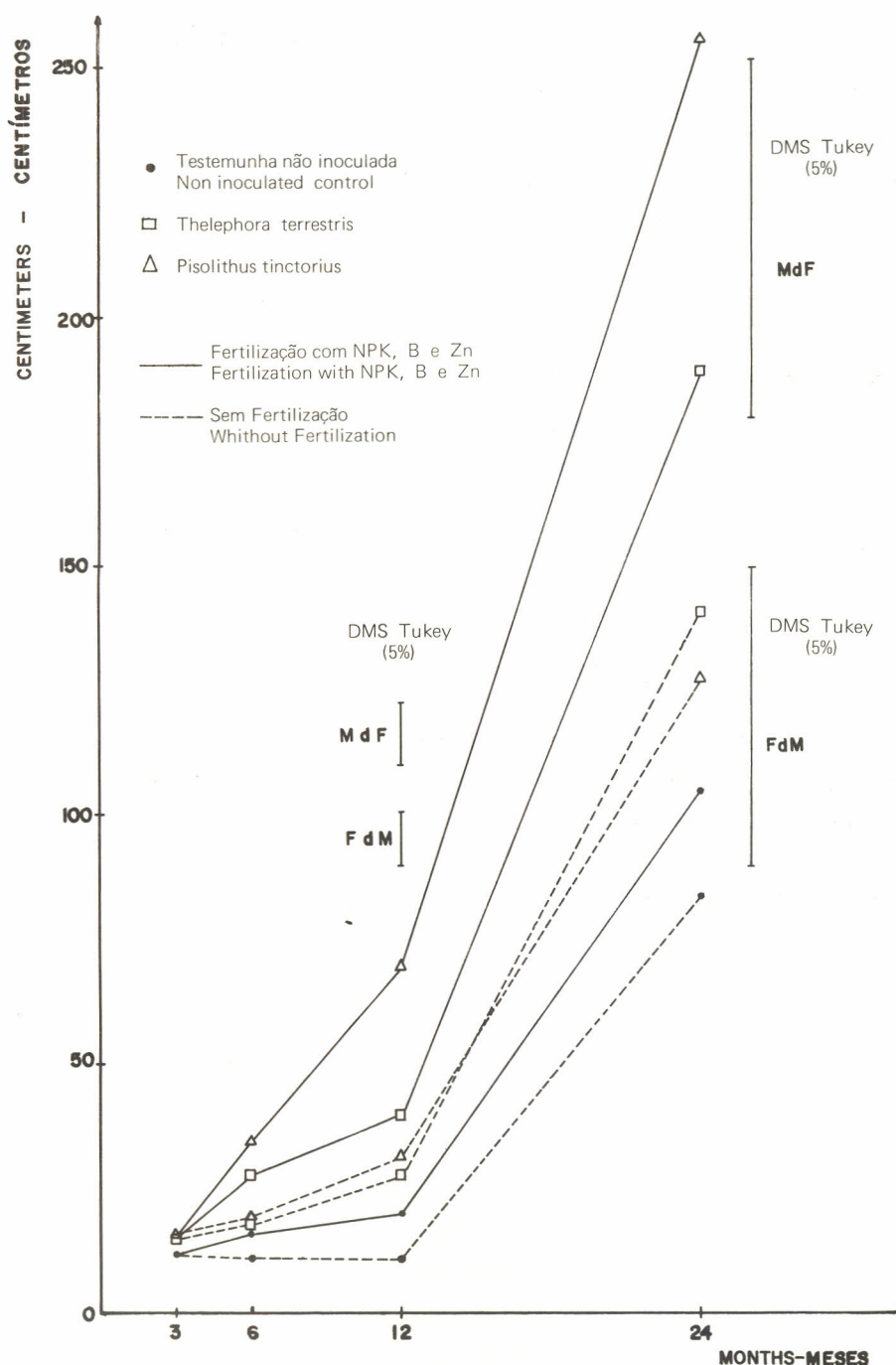
\*\* Aplicação por cobertura de 170 g de NPK (5:33:6), 2 g de borax e 3,4 g de  $\text{ZnSO}_4$  por planta, 40 dias após o plantio.

Média dos tratamentos micorrízicos, para cada período e dentro de cada nível de fertilização, seguidas da mesma letra, não são significativamente diferentes, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

FONTE: KRÜGNER & TOMAZELLO FILHO 1980.

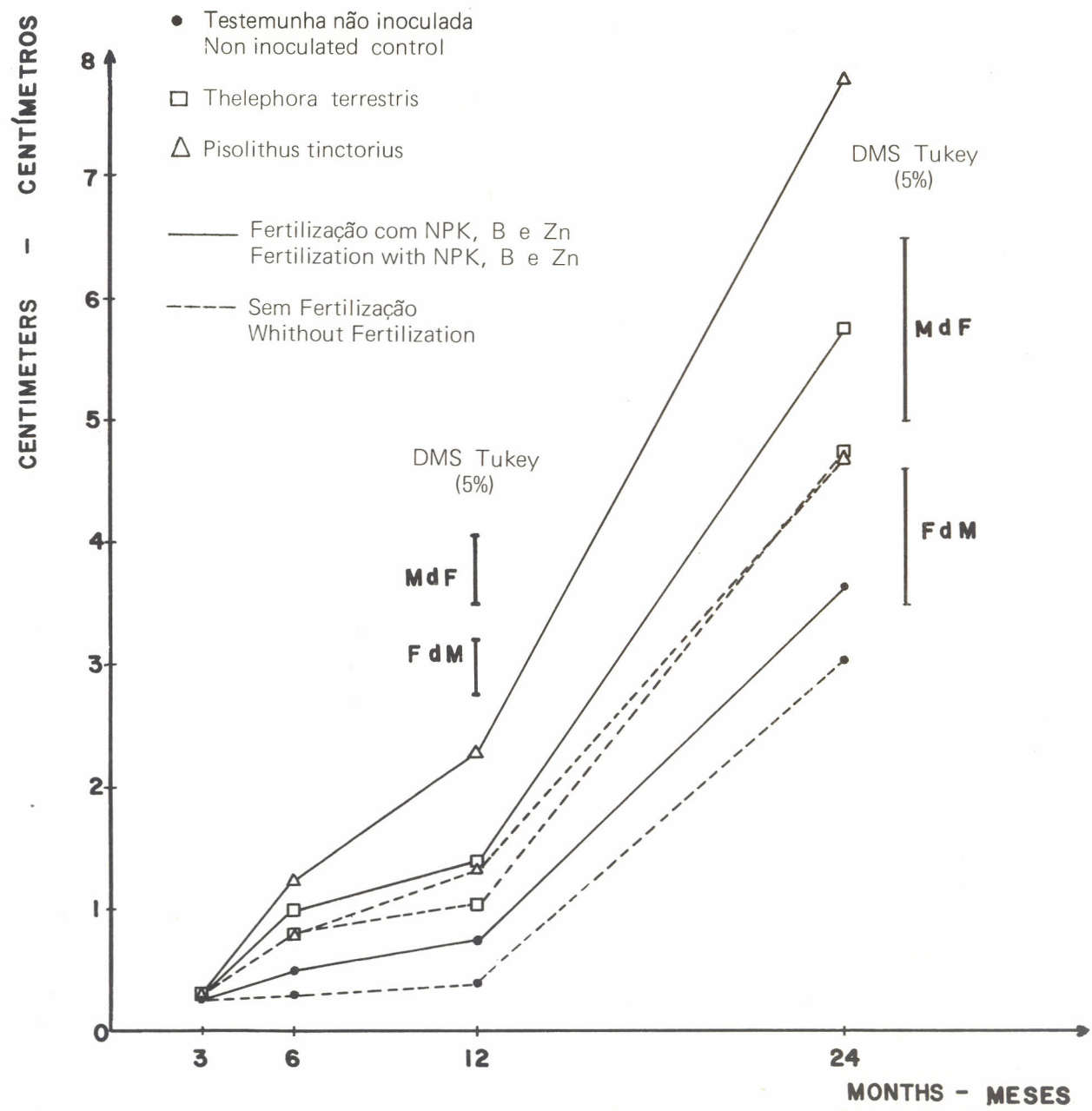
**FIGURA 1** — Crescimento em altura (cm) de plantas de *Pinus caribaea* var. *bahamensis*, sob efeitos de tratamentos com os fungos micorrízicos *Pisolithus tinctorius* e *Thelephora terrestris* e de fertilização mineral, após 24 meses no campo. A significância estatística das diferenças entre as médias dos tratamentos, através do teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, pode ser verificada através das barras verticais: MdF (comparação de médias de tratamentos micorrízicos dentro dos tratamentos de fertilização) e FdM (comparação de médias de tratamentos de fertilização dentro de tratamentos micorrízicos).

FONTE: KRÜGNER & TOMAZELLO FILHO 1980.



**FIGURA 2** — Crescimento em diâmetro (cm) à altura do colo de plantas de *Pinus caribaea* var. *bahamensis*, sob efeitos de tratamentos com os fungos micorrízicos *Pisolithus tinctorius* e *Thelephora terrestris* e de fertilização mineral, após 24 meses no campo. A significância estatística das diferenças entre as médias dos tratamentos, através do teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, pode ser verificada através das barras verticais: MdF (comparação de médias de tratamentos micorrízicos dentro dos tratamentos de fertilização) e FdM (comparação de médias de tratamentos de fertilização dentro de tratamentos micorrízicos).

FONTE: KRÜGNER & TOMAZELLO FILHO 1980.





Este fato, além de outras dificuldades, torna inevitável o uso de inóculo produzido naturalmente. Este tipo de inóculo consiste basicamente em acículas em decomposição, caídas no chão em povoamentos desenvolvidos, e o solo ou terriço superficial destes povoamentos, onde se concentram as micorrizas. Apesar de poder conter uma boa mistura de fungos micorrízicos, este tipo de inóculo apresenta várias desvantagens. Primeiramente, não temos controle sobre as espécies de fungos micorrízicos que estão contidas no material, a não ser sobre aqueles que com frequência formam corpos de frutificação, como são os casos de **Scleroderma**, **Suillus** e **Rhizopogon**, gêneros estes que ocorrem comumente aqui no Brasil. Outro aspecto negativo está na possibilidade deste tipo de material veicular agentes fitopatogênicos, pragas e ervas daninhas. Entre os fungos patogênicos que podem ser disseminados pelo "litter" de povoamentos de **Pinus** está o fungo **Cylindrocladium pteridis**, que pode causar perdas significativas em viveiros de **Pinus** na Região Norte do País. Finalmente, existem as dificuldades relacionadas com o transporte do inóculo, que, muitas vezes, tem que ser feito a longas distâncias, encarecendo bastante o seu custo.

Outro tipo de inóculo natural que eventualmente pode também ser utilizado, com vantagens sobre o "litter", terriço ou acículas, são as próprias estruturas de reprodução dos fungos micorrízicos que usualmente as produzem. As maiores limitações deste tipo de inóculo, no entanto, estão nos fatos de nem sempre as frutificações serem produzidas na época de condução do viveiro e de não poderem ser armazenadas e mantidas viáveis por longos períodos de tempo.

O uso de culturas puras, na forma micelial, como aquelas que vimos estudando, além de exigir boa taxa de crescimento dos fungos e maior eficiência simbiótica dos mesmos em beneficiar os seus hospedeiros, devem ser aplicadas para aqueles fungos que, após a sua introdução no local, tenham boa capacidade de reprodução e disseminação natural. Este é o caso de **T. terrestris** e **P. tinctorius**, que também têm revelado grande capacidade de se estabelecerem e se alastrarem após a sua introdução em diferentes áreas do País.

As endomicorrizas, por sua vez, apresentam também limitações sérias para a sua utilização na prática florestal ou agrícola. Isto, por duas razões básicas: a) os fungos formadores das endomicorrizas não são cultiváveis em meios artificiais, pois só se desenvolvem como parasitas obrigados; b) a sua ocorrência natural é generalizada na face da terra. A multiplicação do inóculo endomicorrízico específico é rotineiramente feita em raízes de plantas que crescem abundantemente, como o sorgo, em pequena escala, para fins experimentais. Essas raízes e o solo onde estas plantas cresceram, contendo o fungo inoculado, são colhidas e usadas como inóculo. Por outro lado, a ubiquidade destes fungos e a sua baixa especificidade quanto às espécies de plantas hospedeiras de estimulam o seu manuseio em termos de inoculação artificial. Talvez mais importante neste caso seria o manejo mais adequado das condições ambientais que favorecem o desenvolvimento destas micorrizas e, conseqüentemente, da planta cultivada.

O manejo dos fatores ambientais, sem dúvida, é outro aspecto importante que deve ser considerado na prática florestal e agrícola em relação às micorrizas. O ambiente influencia não só as plantas mas também os fungos micorrízicos, e como fungo e planta são dependentes entre si, a produtividade da cultura acabará sendo afetada no final. A fertilização mineral, por exemplo, é um dos fatores mais críticos, que influenciam a formação de micorrizas e o crescimento das plantas. Em solos de baixa fertilidade como os nossos, de um modo geral, a prática de ferti-

lização mineral, especialmente com fósforo, torna-se necessária, mesmo que se tenha boa quantidade inicial de micorrizas nas mudas plantadas. Este fato ficou demonstrado em nosso estudo com **P. caribaea** var. **bahamensis**, no litoral sul da Bahia, quando os maiores crescimentos das plantas foram atingidos com a combinação dos dois tipos de tratamento (Figuras 1 e 2). Elevados níveis de fertilidade do solo, em geral, causam diminuição nas infecções micorrízicas, o que deve também ser levado em consideração, principalmente em condições de viveiro, onde o fator econômico ainda não tem limitado tanto as aplicações de fertilizantes minerais.

## 5. CONCLUSÃO

Apesar das limitações de ordem prática na aplicação dos conhecimentos adquiridos pela pesquisa sobre as associações micorrízicas, não há dúvidas de que este tipo de associação é mais um fator a ser considerado para o aumento econômico da produtividade dos reflorestamentos. No entanto, o aproveitamento dos efeitos benéficos destas associações não deve ser encarado isoladamente, como apenas uma medida alternativa, e sim sob um prisma global, integrado com os outros fatores de produtividade que podem e devem ser manejados pelo homem. Assim na seleção de espécies, procedências, progênies e clones, nas práticas culturais e de aplicação de produtos químicos empregados nos viveiros, no preparo do solo para plantio, nos tratos culturais empregados nas plantações, na prática da fertilização mineral, etc., o silvicultor deverá não só considerar os efeitos diretos destes fatores no desenvolvimento das plantas, mas também a sua influência no desenvolvimento das micorrizas.

O uso direto das micorrizas, através de inoculação artificial dos fungos micorrízicos nos viveiros, é prática obrigatória para as espécies de **Pinus**, nas áreas novas de reflorestamento, uma vez que estas espécies são altamente dependentes dos fungos ectomicorrízicos, os quais não são indígenas em nossas condições. Estudos básicos de levantamento e avaliação das principais espécies de fungos simbiotes que ocorrem associadas a espécies florestais, em diferentes regiões do País, bem como estudos de aplicação mais imediatos, sobre os diferentes tipos de inóculo e técnicas de inoculação, devem ser incentivados. Ênfase deve também ser dada para os estudos de interação entre as micorrizas e a fertilização mineral, envolvendo principalmente os adubos fosfatados, no sentido de se minimizar os gastos cada vez maiores com a aplicação destes fertilizantes.

## 6. REFERÊNCIAS

HARLEY, J.L. **The biology of mycorrhiza**. 2.ed. London, Leonard Hill, 1969. 334p.

HAYMAN, D.S. Endomycorrhizae. In: DOMMERGUES, Y.R. & KRUPA, S.V. **Interactions between non-pathogenic soil microorganisms and plants**. Amsterdam, Elsevier, 1978. p.401—42.



- KRÜGNER, T.L. & TOMAZELLO FILHO, M. **Tecnologia de inoculação micorrízica em viveiro de Pinus spp.** Piracicaba, IPEF, 1979. 5p. (IPEF. Circular Técnica, 71).
- KRÜGNER, T.L. & TOMAZELLO FILHO, M. **Ocorrência de micorrizas em espécies de Pinus e identificação dos fungos associados.** Piracicaba, IPEF, 1981. 7p. (IPEF. Circular Técnica, 139).
- MARKS, G.C. & KOZLOWSKI, T.T. **Ectomycorrhizae: their ecology and physiology.** New York, Academic Press, 1973. 444p.
- MARX, D.H. Ectomycorrhizal fungus inoculations: a tool for improving forestation practices. In: MIKOLA, P. **Tropical mycorrhizae research.** s.l., Oxford Univ. Press, 1980. p.13—71.
- MARX, D.H. Role of mycorrhizae in forestation of surface mines. Proc. Trees for Reclamation, sponsored by Interstate Mining Compact Commission and USDA Forest Service, Lexington, Kentucky, oct. 27—28. 1980. p. 109—116.
- MARX, D.H. & KRUPA, S.V. Ectomycorrhizae. In: DOMMERGUES, Y.R. & KRUPA, S.V. **Interactions between non-pathogenic soil microorganisms and plants.** Amsterdam, Elsevier, 1978. p.373—400.
- SANDERS, F.E.; MOSSE, B. & TINKER, P.B. **Endomycorrhizae.** London, Academic Press, 1975. 626p.
- TOMAZELLO FILHO, M. & KRÜGNER, T.L. Formação de ectomicorrizas e crescimento de mudas de **Pinus caribaea** var. **bahamensis** em solo de viveiro infestado artificialmente com **Thelephora terrestris** e **Pisolithus tinctorius** no litoral sul da Bahia. **IPEF**, Piracicaba, (21):21—38, 1980.
- TOMAZELLO FILHO, M. & KRÜGNER, T.L. Formação de ectomicorrizas e crescimento de mudas de **Pinus oocarpa**, **P. caribaea** var. **hondurensis** e **P. kesiya** em solo infestado artificialmente com **Thelephora terrestris** e **Phisolithus tinctorius**. **Summa Phytopathologica**, Piracicaba, 7(3/4) (no prelo) 1981.



## A IMPORTÂNCIA DE MICORRIZAS EM POVOAMENTOS DE *Pinus* spp.: O EXEMPLO DE UMA EMPRESA

Moacir Meneguzzi\*

A implantação de povoamentos florestais em áreas ecológicas diferentes aos habitats naturais exige amplos conhecimentos técnicos para o sucesso do empreendimento.

A introdução de espécies exóticas no Brasil se deu, principalmente, com **Pinus** e **Eucalyptus**. Na maior parte, tais introduções foram bem sucedidas, especialmente na Região Sul, em sítios de boa qualidade e condições climáticas favoráveis.

Entretanto, alguns fracassos experimentais estiveram ligados a micorrizas, especialmente em sítios de baixa qualidade.

O estudo da micorriza foi amplamente detalhado na sua morfologia, anatomia e fisiologia, neste Seminário, por especialistas nesta área, razão pela qual não se abordará o tema em profundidade neste trabalho.

Verificou-se que a micorriza representa uma relação benéfica entre determinados fungos de solo e as raízes das plantas, preferencialmente nas radículas. Esta associação é fundamental quando introduzimos espécies exóticas em regiões adversas.

Serão abordados, a seguir, alguns aspectos relacionados com micorrizas, experimentados pela empresa SEIVA S/A.

Foi iniciado em 1976 o cultivo de espécies tropicais de **Pinus** — **P. caribaea** var. **hondurensis**, **P. caribaea** var. **caribaea** e **P. oocarpa** — no Estado de Mato Grosso do Sul, município de Água Clara. A região é típica de cerrado, caracterizada por baixos níveis da fertilidade do solo, altas temperaturas, secas periódicas e prolongadas e déficit hídrico moderado.

A cultura em grande escala foi pioneira.

O viveiro foi estabelecido na mesma área, adotando-se para a formação das mudas embalagem plástica, adubação com NPK e inoculante micorrízico com inóculos desenvolvidos em laboratório comercial.

Nesta fase, não existia preocupação maior com a micorrização, acreditando-se que a inoculação ocorreria normalmente, embora lenta, por se tratar de viveiro novo e, mesmo se deficiente, jamais seria fator limitante ao desenvolvimento normal do plantio.

O raciocínio provinha de experiências da empresa no sul do Brasil, onde durante anos foram plantados **Pinus**, sem que a micorriza representasse fator de destaque em viveiro ou no campo, sempre ocorrendo boa micorrização, independente de tratamentos especiais.

O plantio, iniciado na estação chuvosa, apresentou desenvolvimento normal das mudas, e somente começaram a ser observados sinais de anormalidade após o terceiro e quarto mês do plantio, coincidindo com o início da estiagem, caracterizados principalmente por:

---

\* Eng.º Florestal, Gerente Florestal da SEIVA S/A Florestal e Industrial, Curitiba, SC.

- elevado índice de mortalidade, variando de 20 a 50%, ocasionando repetidos replantios;
- amarelecimento foliar, com rápido desenvolvimento, atingindo 100% da planta, e
- crescimento inibido.

Nestas condições, resultaram 1.700 ha de plantio que, praticamente, inviabilizavam a continuidade do projeto enquanto não houvessem soluções técnicas ao problema.

As causas da anormalidade foram atribuídas, após consultas e visitas de especialistas aos plantios, como decorrentes da presença de saco plástico, não permitindo desenvolvimento radicular, e, em segundo plano, da baixa fertilidade do solo.

Evidenciado o problema, foi dado continuidade, em 1977, de novo projeto de 3.700 ha, sendo que 50% das mudas foram adquiridas do viveiro da Companhia Agroflorestal Monte Alegre — CAFMA, em Agudos, SP e o saldo formado no próprio viveiro.

Na ocasião do plantio, foi observada a retirada total de embalagem plástica, enquanto que as mudas provenientes da CAFMA foram plantadas na embalagem de laminado de pinho, e algumas destas transferidas para o saco plástico e plantadas somente com remoção do fundo do saco.

Os resultados de campo foram surpreendentes. As mudas provenientes da CAFMA, embaladas em lâminas de pinho, e mesmo as testemunhas, colocadas em saco plástico, apresentaram normalidade, com excelente índice de pegamento e crescimento uniforme. As produzidas em viveiro próprio repetiram as anormalidades observadas no ano de 1976.

Constatou-se, então, que as mudas com coloração normal dispunham de um sistema radicular bem micorrizado, com existência de manto de filamentos micélicos envolvendo as raízes (micorrizas ectotróficas), enquanto que nas plantas amarelecidas não ocorria a presença de micorriza, com um sistema radicular carente de pelos absorventes.

Amostras encaminhadas para análise ao Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais — IPEF, Piracicaba, SP, e posterior visita de campo do Dr. Tasso L. Krugner, resultaram no seguinte relatório conclusivo:

“O principal problema do **Pinus** é a grande heterogeneidade de crescimento. As plantações mais velhas, com cerca de um ano e meio de idade, apresentam uma proporção de 50% de plantas com crescimento inibido.

A nossa visita às plantações e viveiro da SEIVA, na região de Mato Grosso, teve como principal finalidade fornecer subsídios para a determinação das causas do desenvolvimento anormal de plantações de **Pinus** da firma na região, dando enfoque ao desenvolvimento micorrízico das mudas, uma vez que, em exames prévios, efetuados em Piracicaba, do material a nós encaminhados, constatamos formação deficiente de micorrizas nas mudas, principalmente naquelas com sintomas de amarelamento da folhagem.

Os exames efetuados no local de plantio confirmaram as observações anteriormente feitas em Piracicaba. Ao nosso ver, um dos fatores que estão dificultando o estabelecimento de plantações de **Pinus** na região é a inadequada ou inexistente formação de micorrizas nas mudas que estão sendo plantadas.

A presença de micorrizas constitui-se em fator essencial para o bom desenvolvimento das mudas no campo, principalmente na região em questão, que apresenta certas condições adversas, como a ocorrência de altas temperaturas no solo, secas periódicas, baixa fertilidade do solo, etc.”



A deficiente inoculação micorrízica das mudas em viveiro foi atribuída à introdução de inóculo com pouca adaptabilidade às condições ecológicas local e/ou à pouca afinidade dos fungos com a planta hospedeira, considerando-se, igualmente, as restrições normais em viveiros novos. Atribuiu-se igualmente à embalagem plástica como restritiva ao desenvolvimento micorrízico, principalmente no estágio de primeiro ano de viveiro, em razão da parede plástica não permitir a penetração das radículas, permanecendo cada muda isolada na própria embalagem, assim como por ocasião da retirada das mudas, o substrato é totalmente carregado com a embalagem.

Introduziu-se, a partir de então, novo processo de micorrização no viveiro, adaptando-se o seguinte:

- substituição de embalagem plástica por laminado de pinho, e
- acículas de **Pinus**, coletadas em povoamentos adultos de **Pinus caribaea**, em área da CAFMA, Agudos, SP, em adiantado estado de decomposição, ricas em micélio de fungos micorrízicos e utilizadas na cobertura da sementeira.

Os resultados foram excelentes, ocorrendo farta micorrização, notando-se elevado desenvolvimento de micélios de coloração esbranquiçada nas raízes das mudas, demonstrando a alta capacidade do substrato como portador de fungos micorrízicos.

Transplantadas para o campo, estas mudas apresentaram completa normalidade, crescimento uniforme e, especialmente, alto índice de pegamento.

Os plantios anteriores permaneceram com amarelecimento foliar até o terceiro ano de idade, recuperando-se a partir daí, paulatinamente, embora a desuniformidade de crescimento seja permanente.

Os plantios com mudas bem micorrizadas apresentaram, com um ano de idade, altura superior aos plantios com três anos de idade, formados com mudas deficientes de micorriza.

A micorriza, basicamente, aumenta a área radicular formando uma manta de micélios sobre o exterior da raiz, resultando maior área de contato com o solo e possibilitando maior absorção d'água e sais minerais.

Atualmente, não se têm dúvidas de que, principalmente em sítios pobres, a micorriza é fator limitante para implantação de florestas exóticas com coníferas.



No Brasil, a produção de microorganismos em escala comercial, para uso no plantio de essências florestais, é ainda incipiente, para não se dizer inexistente.

Basicamente, dois tipos de produtos microbiológicos teriam aplicação em reflorestamento: um inoculante à base de **Rhizobium** e uma mistura de fungos micorrízicos para uso nos reflorestamentos (ou florestamentos) de **Pinus**.

Quanto ao primeiro caso, a produção de inóculo à base de **Rhizobium** já atinge níveis expressivos em culturas destinadas à alimentação humana, como a soja, feijão, ervilha, etc. e para leguminosas forrageiras, em especial para **Centrosema**, siratro, **Dolichos**, trevos, etc.

A utilização em essências florestais, entretanto, é nula. Em dez anos de existência de nossa Empresa, não houve solicitação sequer de um pacote de inoculante para estas espécies, salvo para o gênero **Leucaena**, utilizada como alimento para o gado.

Embora para algumas árvores já existam pesquisas mostrando a existência de estirpes eficientes, não há uma recomendação técnica para o uso do **Rhizobium** no plantio de leguminosas florestais.

CAMPELO & DOBEREINER (1969) demonstraram, em experimentos em vasos de Leonard, que sabiá (**Mimosa caesalpiniaefolia**) e o angico (**Piptadenia peregrina**) inoculadas com diversas estirpes, formavam nódulos eficientes com algumas destas estirpes. Demonstraram também que a sabiá é altamente específica na simbiose, não nodulando com **Rhizobium** do grupo Caupi e nem com **Rhizobium phaseoli**.

CAMPELO & CAMPELO (1970) demonstraram que as espécies **Mimosa caesalpiniaefolia**, **M. pudica**, **M. bimucronata**, **M. invisa**, **Leucaena glauca** e **Sesbania** sp. formavam nódulos eficientes. A sabiá mais uma vez demonstrou alta especificidade, nodulando apenas com estirpes isoladas da subfamília Mimosoideae.

Entretanto, ainda faltam pesquisas mais extensivas, a nível de campo, que demonstrem a vantagem ou não da inoculação das leguminosas florestais com **Rhizobium**. O fato é que várias destas plantas beneficiam-se naturalmente da fixação, quando plantadas em seu habitat natural. As bracatingas, por exemplo, que ocorrem no Paraná, são sempre noduladas por **Rhizobium** já existente no solo. O mesmo ocorre com as acácias.

Desta maneira, um programa de pesquisas deveria levar em conta três aspectos:

- identificação de espécies noduladas e não noduladas naturalmente;
- seleção de estirpes para as espécies não noduladas; e
- seleção de estirpes para as espécies que nodulam naturalmente, visando maior fixação e introdução das leguminosas em áreas fora de seu habitat natural.

---

\* Engenheiro Agrônomo, Diretor Técnico da Turfal Ind. Com. de Prod. Quím. e Agronômicos Ltda.

Do ponto de vista de produção dos inóculos, haveria todas as facilidades: uma vez selecionadas as estirpes, as mesmas seriam reproduzidas em grande escala, no meio apropriado e, após concentração adequada, veiculadas em turfa. O processo seria em tudo semelhante ao que é utilizado para a produção de inoculante para soja e outras leguminosas.

Já no que se refere ao inoculante com fungos micorrízicos, parece haver condições para uma aplicação mais ampla. Com a introdução de espécies de **Pinus**, todas exóticas e, principalmente, com o plantio deste gênero em área sem coníferas nativas, a necessidade da micorrização torna-se grande, sendo mesmo uma prática indispensável.

Entretanto, seu uso limita-se a uma inoculação empírica, a partir do transporte de terra de pinheirais já formados para as novas áreas. Esta prática apresenta inúmeros inconvenientes: risco de se transportar insetos, fungos e bactérias patogênicas para áreas até então imunes; custo do transporte, pois o volume de terra é grande em relação à quantidade de fungos que se deseja; micorrização com fungos que nem sempre serão os mais adequados para as espécies e as novas condições ecológicas.

A responsabilidade pela inexistência de um inoculante comercial à base de fungos micorrízicos deve-se a três fatores: falta de um trabalho mais intenso na área da pesquisa oficial; um certo comodismo e conservadorismo por parte dos responsáveis técnicos pelos reflorestamentos, que nem sempre têm a preocupação de empregar uma técnica apurada; por último, uma falta de agressividade, na área técnica e comercial, das indústrias biológicas, que não desenvolveram um produto adequado e nem estratégias de “marketing” compatíveis com as necessidades.

De 1971 a 1974, a Turfal produziu o inoculante micorrízico à base de **Boletus** e **Lactarius**. Estes fungos eram desenvolvidos sobre turfa enriquecida com glicose e sais minerais. O desenvolvimento do fungo era abundante, recobrando todas as partículas de turfa.

Os testes, tanto em solo natural como esterilizado, demonstravam a formação de micorriza.

A recomendação para uso era de um frasco do produto (500 g) em 2m<sup>2</sup> de canteiro, no caso de viveiros, misturando o produto com a terra.

Comercialmente, porém, o produto não apresentou viabilidade, pois a preferência das empresas de reflorestamento era pelo uso de terra de outros plantios, supostamente mais econômica. Em vista disto, o produto foi retirado de produção.

Entretanto, a tecnologia de produção existe e, havendo uma mentalidade mais técnica na implantação de florestas de **Pinus** ou de outras árvores que formem micorrizas ectotróficas, o processo de produção poderá ser rapidamente reativado.

Em termos de um programa de pesquisas, acredita-se que os seguintes pontos deveriam ser abordados:

- seleção dos fungos mais eficientes;
- adaptabilidade destes fungos em condições ecológicas importantes para a produção de espécies florestais; e
- utilidade da inoculação artificial, com culturas puras, em condições de campo.

Um campo que desponta promissor na área de micorrizas é o de plantas que formam micorrizas endotróficas. LOPES (1980), no Instituto Agrônomo de Campinas — IAC, demonstrou que o peso da parte aérea de cafeeiro inoculado com **Gigaspora margarita**, **Glomus mossae** e



**Glomus fasciculates** foi significativamente maior que nas plantas não micorrizadas, o mesmo acontecendo com o teor de fósforo encontrado na parte aérea. MOSSE (1957), citada por LOPES (1980), mostrou que macieiras micorrizadas apresentavam melhor desenvolvimento que as não micorrizadas. REDHEAD (1975), também citado por LOPES (1980), constatou que **Khaia grandifoliola**, uma espécie florestal da África, desenvolveu-se melhor quando inoculada com fungos micorrízicos, aumentando sua massa verde em 129%.

Para estes fungos, entretanto, ainda não existe uma tecnologia de produção, pois os mesmos não se desenvolvem em meios artificiais. Tenta-se desenvolver algumas técnicas de cultivo em solo com abundantes raízes, macerando-se estas e usando-se o macerado como inóculo. Pode-se, também, dessecar o solo, forçando o fungo a esporular, e utilizar o solo com esporos como inóculo.

Pesquisas com este tipo de micorrizas estão sendo desenvolvidas no IAC e no Centro de Pesquisa Agropecuária do Cerrado, da EMBRAPA.

Em conclusão, pode-se dizer que a indústria brasileira de produtos biológicos está apta, tecnicamente, a produzir inóculos, tanto à base de **Rhizobium**, como de fungos micorrízicos, para as espécies florestais.

Portanto, temos a firme opinião que as pesquisas a serem desenvolvidas nestas áreas, pelos órgãos de pesquisa, devem ser feitas em consonância com as indústrias privadas, passando-se os dados o mais rapidamente possível a estas, a fim de que, da associação pesquisa oficial-iniciativa particular, o produto chegue sem demora, e em boas condições, ao reflorestador.

## LITERATURA CONSULTADA

CAMPELO, A.B. & CAMPELO, C.R. Eficiência de inoculação cruzada entre espécies da subfamília Mimosoideae. **Pesq. Agropec. Bras.**, 5:333—7, 1970.

———— & DOBEREINER, J. Estudos sobre inoculação cruzada de algumas leguminosas florestais. **Pesq. Agropec. Bras.**, 4:67—72, 1969.

LOPES, E.S. **Eficiência e especificidade das associações micorrízicas do tipo vesicular-arbuscular em gramíneas e leguminosas forrageiras e no cafeeiro** (*Coffea arabica*). Piracicaba, ESALQ, 1980. (Tese)

SABATKE NETO, E. O setor de inoculantes e as micorrizas de árvores florestais (nota prévia). **Revista IBPT**, (16):46—8, 1971.



## CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES DO SEMINÁRIO

A mesa foi composta por:

- |                         |                             |
|-------------------------|-----------------------------|
| — Johanna Döbereiner    | (SNLCS—EMBRAPA)             |
| — José Ilo Vasconcellos | (UFCE)                      |
| — Solon Cordeiro Araújo | (Empresa Turfal)            |
| — Moacir Meneguzzi      | (Empresa Seiva)             |
| — Avílio A. Franco      | (SNLCS—EMBRAPA)             |
| — Antonio A. Carpanezi  | (URPFCS—EMBRAPA)            |
| — Tasso Leo Krüger      | (ESALQ—USP)                 |
| — Antonio R. Higa       | (URPFCS—EMBRAPA) — mediador |

Após a reunião plenária, chegou-se às seguintes conclusões e recomendações:

### CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES PRÁTICAS

1. As associações simbióticas são fatores realmente viáveis para o incremento da produtividade dos plantios florestais e para reduzir a utilização de fertilizantes.
2. Para espécies de **Pinus**, as quais são dependentes de ectomicorizas:
  - 2.1. Sempre deve ser feita a inoculação, quando os plantios são feitos em áreas novas.
  - 2.2. A inoculação com culturas puras de fungos é potencialmente superior ao método tradicional por acículas em decomposição ou terriço; entretanto, a inoculação com culturas puras de fungos só deve ser recomendada nos casos em que a pesquisa já tenha resultados comprovados na prática, válidos para a região.
3. Embora os eucaliptos representem mais de 50% da área reflorestada do Brasil, ainda não há recomendações para a manipulação prática de suas associações com fungos endo e ectomicorrízicos.
4. Para as espécies arbóreas leguminosas que tenham capacidade de nodulação por **Rhizobium**:
  - 4.1. Não deve ser feita adubação nitrogenada.
  - 4.2. Devem ser sempre inoculadas com estirpes apropriadas de **Rhizobium** as espécies para as quais já existem resultados comprovados da eficácia da inoculação, como sabiá (**Mimosa caesalpiniaefolia** Benth.) e **Leucaena leucocephalla** (Lam.) de Wit.

5. O manejo prático das associações simbióticas não deve ser encarado isoladamente, mas sim integrado com outros fatores da produtividade, como seleção de espécies e procedências, aplicação de produtos químicos, preparo de solo para plantio, fertilização e tratos culturais.
6. Atualmente, não há nenhuma manipulação artificial de fungos endomicorrízicos recomendável para aplicação em plantios florestais.
7. O setor industrial nacional detém tecnologia para a multiplicação em escala comercial das estirpes de **Rhizobium** e de alguns fungos ectomicorrízicos selecionados pelo setor de pesquisa.

## RECOMENDAÇÕES PARA PESQUISA

8. As pesquisas em microbiologia com espécies florestais devem sempre contar com a participação de um engenheiro florestal.
9. As pesquisas efetuadas devem concentrar-se nas espécies de interesse comercial, selecionadas por silvicultores.
10. Para a pesquisa de associações simbióticas, visando interesses silviculturais, são recomendadas como prioritárias as espécies florestais:

### 10.1 Para a Região Sul:

**Ilex paraguariensis** St. Hil.

**Araucaria angustifolia** (Bert.) O. Ktze.

**Mimosa scabrella** Benth.

**Enterolobium contortisiliquum** (Vell.) Morong.

**Parapiptadenia rigida** (Benth.) Brenan

**Piptadenia gonoacantha** (Mart.) Macbr.

**Peltophorum dubium** (Spreng.) Taub.

**Acacia mearnsii** de Wild.

**Pinus taeda** e **Pinus elliottii** var. **elliottii**

**Eucalyptus** spp. adaptadas

10.2 Para o Nordeste:

**Mimosa caesalpiniaefolia** Benth.

**Leucaena leucocephala** (Lam.) de Wit.

**Prosopis juliflora** DC.

**Phitecolobium multiflorum** Benth.

**Piptadenia stipulacea** (Benth.) Ducke

**Mimosa acutispula** Benth.

**Anadenanthera macrocarpa** (Benth.) Brenan

**Casuarina equisetifolia** L.

**Pinus** spp. adaptadas

**Eucalyptus** spp. adaptadas

10.3 Para a Amazônia:

**Cedrelinga catenaeformis** Ducke

**Dinizia excelsa** Ducke

**Sclerolobium paniculatum** Vog.

**Platymiscium trinitatis** Benth. e **P. ulei** Harms

**Parkia gigantocarpa** Ducke

**Cordia goeldiana** Huber

10.4 Para as Regiões Centro-Oeste e Sudeste:

**Eucalyptus** spp. adaptadas

**Pinus** spp. adaptadas

A não-indicação de espécies nativas prioritárias para o Centro-Oeste e o Sudeste foi devida à ausência de especialistas destas regiões na reunião.

11. Recomenda-se a realização de novo Seminário, em 1984 ou após.



## PARTICIPANTES

ALBERTO WILLIAM VIANA DE CASTRO

UEPAE de Porto Velho/EMBRAPA

BR 364, km 5,5. Porto Velho — RA

ALBINO BRUNO DIETRICH

Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal — IBDF

Rua Brigadeiro Franco, 1.733. Curitiba — PR

ALCINA LOBO

Instituto Estadual de Florestas

Rua Espírito Santo, 604. Belo Horizonte — MG

ANTONIO APARECIDO CARPANEZZI

Unidade Regional de Pesquisa Florestal Centro-Sul — EMBRAPA

Estrada da Ribeira, km 111. Curitiba — PR

ANTONIO FUKUYOSHI TSUNODA

Rigesa Ltda.

Três Barras — SC

ANTONIO JOSÉ DE ARAÚJO

Universidade Federal do Paraná — Escola de Florestas

Rua Bom Jesus, 650. Curitiba — PR

ANTONIO PAULO MENDES GALVÃO

Programa Nacional de Pesquisa Florestal — PNPF/EMBRAPA

Ed. Venâncio 2.000 - sala 713. Brasília — DF

ANTONIO RIOYEI HIGA

Unidade Regional de Pesquisa Florestal Centro-Sul — EMBRAPA

Estrada da Ribeira, km 111. Curitiba — PR

ANTONIO SÉRGIO DINIZ

Champion Papel e Celulose S/A

Rua José A.S. Pereira, 138. Mogimirim — SP

ARMELINDA ZONTA

Universidade Federal do Paraná — Escola de Florestas

Rua Bom Jesus, 650. Curitiba — PR

AVÍLIO A. FRANCO

Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos — SNLCS/EMBRAPA  
Km 47. Seropédica — Itaguaí — RJ

BENEDITO VASCONCELOS MENDES

Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte — EMPARN  
Av. Prudente de Moraes, 836. Natal — RN

BRUNO BILBAO ADAD

Universidade Federal do Paraná — Escola de Florestas  
Rua Bom Jesus, 650. Curitiba — PR

CARLOS ALBERTO FERREIRA

Programa Nacional de Pesquisa Florestal — PNPF/EMBRAPA  
Ed. Venâncio 2.000 - sala 713. Brasília — DF

CARLOS FIRCOWSKI

Universidade Federal do Paraná — Escola de Florestas  
Rua Bom Jesus, 650. Curitiba — PR

CÉLIO FERREIRA

Universidade Federal do Paraná — Escola de Florestas  
Rua Bom Jesus, 650. Curitiba — PR

CELSO DO AMARAL MELLO

Banco do Brasil S/A — DENAR/DIAST  
SBS — Edifício Sede 1 — 8º andar. Brasília — DF

CIRO BRAGA FARHAT

Universidade Federal do Paraná — Escola de Florestas  
Rua Bom Jesus, 650. Curitiba — PR

CRISTINA HARBERL BRIXI

TURFAL Indústria e Comércio  
Rua Alberto Foloni, 575, apt. 41—A. Curitiba — PR

DILUR ARAUJO CARNEIRO

KLABIN do Paraná Agro-Florestal S/A  
Rua Palmeira, 15. Lagoa, Monte Alegre — PR

DIRCEU SCHMIDLIN

Trombino Florestal S/A  
Rua Albino Silva, 56 — 2º andar. Curitiba — PR

EDMUNDO E. STAMMER

Secretaria da Agricultura do Estado do Paraná — CDME

Rua Jaime Balão, 575. Curitiba — PR

ELI WINTE SHOCKNESS

Universidade Federal do Paraná — Escola de Florestas

Rua Bom Jesus, 650. Curitiba — PR

ELIANE MARIA RIBEIRO DA SILVA

Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos — SNLCS/EMBRAPA

Km 47. Seropédica, Itaguaí — RJ

ELISA SIDENÉA FOSCO MUCCI

Instituto Florestal de São Paulo

Rua Afonso Celso, 143 c/26. São Paulo — SP

ELISEU ROBERTO DE ANDRADE ALVES

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária/EMBRAPA

Ed. Venâncio 2.000 - 9.º andar. Brasília — DF

EMILIO ROTTA

Unidade Regional de Pesquisa Florestal Centro-Sul — EMBRAPA

Estrada da Ribeira, km 111. Curitiba — PR

FLAVIO ALBERTO ASSUMPÇÃO

Universidade Federal de Santa Maria

Rua Manoel Eufrásio, 650-B6-apt. 34. Curitiba — PR

GERALDO LUIZ FARIAS

Universidade Federal do Paraná — Escola de Florestas

Rua Bom Jesus, 650. Curitiba — PR

GERALDO MOSIMANN DA SILVA

Universidade Federal do Paraná — Escola de Agronomia

Rua dos Funcionários s/nº - Juvevê. Curitiba — PR

HENRIQUE ROGÉRIO BRANCO DO AMARAL

Secretaria da Agricultura do Estado do Rio Grande do Sul

Instituto de Pesquisa de Recursos Naturais Renováveis "AP"

Rua Gonçalves Dias, 520. Porto Alegre — RS

JESUINO LIMA NETO

Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal

Caixa Postal, 204. Canoinhas — SC



PAULO ERNANI RAMALHO CARVALHO

Unidade Regional de Pesquisa Florestal Centro-Sul — URPFC/EMBRAPA

Estrada da Ribeira, km 111. Curitiba — PR

PAULO ISELCI TEM PASS

FETEP — Fundação de Ensino, Tecnologia e Pesquisa

Rua Marechal Deodoro, 272. São Bento do Sul — SC

PEDRO LUIZ FUENTES DIAS

Universidade Federal do Paraná — Escola de Florestas

Rua Bom Jesus, 650. Curitiba — PR

RALF KLOTZ

Universidade Federal do Paraná — Escola de Florestas

Rua Bom Jesus, 650. Curitiba — PR

ROBERTO TREVISAN

Empreendimentos Florestais Agroflora Ltda.

Rua Marechal Floriano Peixoto, 4.500. Curitiba — PR

ROSANA CLARA VICTORIA HIGA

Unidade Regional de Pesquisa Florestal Centro-Sul — URPFC/EMBRAPA

Estrada da Ribeira, km 111. Curitiba — PR

RUDI ARNO SEITZ

Universidade Federal do Paraná — Escola de Florestas

Rua Bom Jesus, 650. Curitiba — PR

RUDY ALBERTO GUZMÓN GUTIÉRREZ

Universidade Federal do Paraná — Escola de Florestas

Rua Bom Jesus, 650. Curitiba — PR

SIDIVAL LOURENÇO

Departamento Técnico Científico — DTC/EMBRAPA

Ed. Venâncio 2.000 - 7º andar. Brasília — DF

SIMONE GLOOR

Universidade Federal do Paraná — Escola de Agronomia

Rua dos Funcionários s/nº - Juvevê. Curitiba — PR

SOLON CORDEIRO DE ARAUJO

TURFAL Indústria e Comércio

Caixa Postal, 7.410. Curitiba — PR

SUELI DOS SANTOS FREITAS

Instituto Agronômico de Campinas

Av. Barão do Itapura, 1.379. Campinas — SP

TASSO LÉO KRUGNER

Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiróz — ESALQ

Caixa Postal, 9. Piracicaba — SP

WALCIR BRASIL VAZ CORVELLO

Universidade Federal de Pelotas — Faculdade de Agronomia

Caixa Postal, 354. Pelotas — RS

YARA KIEMI IKEMORI

Aracruz Florestal S/A

Rua Professor Lobo, 1.128. Aracruz — ES

YEDA MARIA MALHEIROS DE OLIVEIRA

Unidade Regional de Pesquisa Florestal Centro-Sul — URPFC/EMBRAPA

Estrada da Ribeira, km 111. Curitiba — PR

YOSHINOBU HIGAKI

NITRAL

Rua Luiza Picoli, 594. Curitiba — PR